

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-108864
(43)Date of publication of application : 23.04.1999

(51)Int.Cl. G01N 23/225
G01N 23/20
H01J 37/26
H01L 21/027
H01L 21/66

(21) Application number : 09-269500

(22) Date of filing : 02.10.1997

(71)Applicant : HITACHI LTD

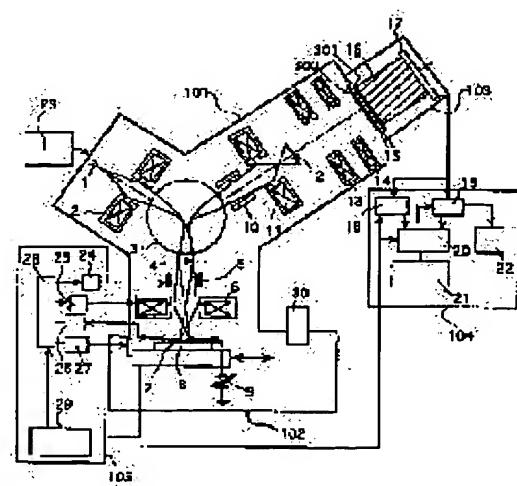
(72)Inventor : SHINADA HIROYUKI
YAJIMA YUSUKE
MURAKOSHI HISAYA
HASEGAWA MASAKI
NOZOE MARI
TAKATO ATSUKO
SUGIYAMA KATSUYA
KURODA KATSUHIRO
UMEMURA KAORU
USAMI YASUTSUGU

(54) METHOD AND APPARATUS FOR INSPECTING PATTERN FLAW

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize the speedup of inspection by inspecting the flaw, foreign matter, residue or the like of the same planning pattern on a wafer in a semiconductor device manufacturing process by electron beam.

SOLUTION: The surface of a semiconductor sample is irradiated with electron beam (area beam) having a constant area and the reflected electrons from the surface of the sample are formed into images by an image forming lens 11 and the images of a plurality of the regions on the surface of the semiconductor sample 7 are obtained to be stored in image memory parts 18, 19 and the stored images of a plurality of the regions are mutually compared to measure the presence and position of the flaw in each of the regions. Since area beam is used as the electron beam irradiating the surface of the semiconductor sample, the speedup of inspection and an increase in inspection efficiency can be achieved as compared with a case using spotted beams.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

11.10.2002

[Date of sending the examiner's decision of



[rejection]

[Kind of final disposal of application other than
the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3534582

[Date of registration] 19.03.2004

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(11)Publication number : 11-108864
(43)Date of publication of application : 23.04.1999

(51)Int.Cl. G01N 23/225

G01N 23/20

H01J 37/26

H01L 21/027

H01L 21/66

(21)Application number : 09-269500 (71)Applicant HITACHI LTD
:

(22)Date of filing : 02.10.1997 (72)Inventor : SHINADA HIROYUKI
YAJIMA YUSUKE
MURAKOSHI HISAYA
HASEGAWA MASAKI
NOZOE MARI
TAKATO ATSUKO
SUGIYAMA KATSUYA
KURODA KATSUHIRO
UMEMURA KAORU
USAMI YASUTSUGU

* NOTICES *

JPO and NCIPI are not responsible for any

damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] An electron beam exposure means to extend the electron beam from an electron source to the fixed area field on the front face of a sample, and to irradiate coincidence, An image formation means to make carry out image formation of the back scattering electron or secondary electron obtained from this area field, and to form the expansion image about the above-mentioned area field, The sample migration means to which the above-mentioned sample is moved so that the above-mentioned electron beam may be irradiated by the request location on the above-mentioned front face of a sample, A picture signal acquisition means to change into a picture signal the above-mentioned expansion image about the above-mentioned area field formed by the above-mentioned image formation means, Pattern defect test equipment characterized by coming to have a defective detection means to detect a pattern defect [in / for the picture signal about the area field of one on the above-mentioned sample front face acquired by this picture signal acquisition means / top Norikazu's area field] as compared with the picture signal about other area fields.

[Claim 2] The above-mentioned electron beam exposure means is pattern defect test equipment according to claim 1 characterized by coming to contain the beam moderation device for slowing down this electron beam in case the electron beam from the above-mentioned electron source is irradiated on the above-mentioned sample front face.

[Claim 3] The above-mentioned beam moderation device is pattern defect test equipment according to claim 2 characterized by being what slows down the above-mentioned electron beam irradiated by this sample front face by impressing negative potential to the above-mentioned sample front face.

[Claim 4] The above-mentioned beam moderation device is pattern defect test equipment according to claim 2 or 3 characterized by being what slows down the above-mentioned electron beam as the above-mentioned electron beam irradiated by the above-mentioned sample is reflected in the above-mentioned sample front face [near the pole on this front face of a sample], without carrying out incidence.

[Claim 5] The above-mentioned sample migration means is pattern defect test equipment according to claim 1 to 4 characterized by being that to which the above-mentioned sample is continuously moved almost at uniform velocity.

[Claim 6] The above-mentioned sample migration means is equipped with the stage location measuring machine style which measures the location of the sample stage where carries the above-mentioned sample and it moves continuously almost at

uniform velocity, and this sample stage. The above-mentioned electron beam exposure means So that fixed field irradiation of the above-mentioned electron beam may be carried out to the same field of the above-mentioned sample front face between fixed time amount irrespective of continuation migration of the above-mentioned stage based on the measurement signal from the above-mentioned stage location measuring machine style Pattern defect test equipment according to claim 5 characterized by coming to have the electron beam deviation controlling mechanism which is interlocked with migration of the above-mentioned stage and carries out deviation control of the above-mentioned electron beam.

[Claim 7] The above-mentioned picture signal acquisition means is pattern defect test equipment according to claim 1 to 6 characterized by being what acquires the above-mentioned picture signal as an output signal from this optical image sensing element by changing into an optical image and projecting this optical image on the light-receiving side of an optical image sensing element by projecting the expansion image about the above-mentioned area field formed by the above-mentioned image formation means on a fluorescent screen.

[Claim 8] The above-mentioned optical image sensing element is pattern defect test equipment according to claim 7 characterized by being a CCD sensor or a TDI sensor.

[Claim 9] The above-mentioned optical image sensing element is pattern defect test equipment according to claim 7 or 8 characterized by being what can read the detected picture signal to juxtaposition by many channels.

[Claim 10] The above-mentioned picture signal acquisition means is pattern defect test equipment according to claim 1 to 6 characterized by being what acquires the above-mentioned picture signal as an output signal of this electronic image sensing element by projecting directly the expansion image about the above-mentioned area field formed by the above-mentioned image formation means on the light-receiving side of the electronic image sensing element which has detection sensitivity to an electron.

[Claim 11] The above-mentioned electronic image sensing element is pattern defect test equipment according to claim 10 characterized by being a CCD sensor or a TDI sensor.

[Claim 12] The above-mentioned electronic image sensing element is pattern defect test equipment according to claim 10 or 11 characterized by being what reads the detected picture signal to juxtaposition by many channels.

[Claim 13] Pattern defect test equipment according to claim 7 to 9 with which magnitude of the light-receiving side of the above-mentioned optical image sensing

element is characterized by the thing which spread the magnitude of the optical image about the fixed area field on the above-mentioned sample front face on which it is projected on this light-receiving side, abbreviation, etc., and which is set up.

[Claim 14] Pattern defect test equipment according to claim 10 to 12 with which magnitude of the light-receiving side of the above-mentioned electronic image sensing element is characterized by the thing which spread the magnitude of the electronic image about the fixed area field on the above-mentioned sample front face on which it is projected on this light-receiving side, abbreviation, etc., and which is set up.

[Claim 15] Pattern defect test equipment according to claim 7 to 9 characterized by setting up more greatly than the magnitude of the optical image about the fixed area field on the above-mentioned sample front face on which it is projected on this light-receiving side the magnitude of the light-receiving side of the above-mentioned optical image sensing element.

[Claim 16] Pattern defect test equipment according to claim 10 to 12 characterized by setting up more greatly than the magnitude of the electronic image about the fixed area field on the above-mentioned sample front face on which it is projected on this light-receiving side the magnitude of the light-receiving side of the above-mentioned electronic image sensing element.

[Claim 17] The above-mentioned beam moderation device is pattern defect test equipment according to claim 2 to 4 characterized by to be what slows down the above-mentioned electron beam to an energy range which stops almost affecting the resolving power of the expansion image on the above-mentioned front face of a sample in which the energy dispersion of the above-mentioned back scattering electron emitted by the exposure of the above-mentioned electron beam slowed down according to this beam moderation device from the above-mentioned sample front face is formed by the above-mentioned image formation means.

[Claim 18] The above-mentioned image formation means is pattern defect test equipment according to claim 1 to 17 characterized by being constituted so that it may come to have an energy filter for carrying out energy judgment of the back scattering electron emitted by the exposure of the above-mentioned electron beam on the above-mentioned front face of a sample from this sample front face and the expansion image about the above-mentioned area field may be formed by that cause only with the back scattering electron in a certain specific energy width of face.

[Claim 19] The above-mentioned electron beam exposure means is pattern defect test equipment according to claim 1 to 18 characterized by being constituted so that this rectangle cross-section configuration beam may be irradiated on the above-mentioned

sample front face after fabricating the electron beam from the above-mentioned electron source with the beam of a rectangle cross-section configuration through rectangle diaphragm opening.

[Claim 20] The above-mentioned image formation means comes to have the function which forms the reciprocal space image about the above-mentioned electron beam exposure field further with the back scattering electron or secondary electron emitted by the exposure of the above-mentioned electron beam on the above-mentioned front face of a sample from this electron beam exposure field. The above-mentioned picture signal acquisition means comes further to have the function to change the above-mentioned reciprocal space image into a picture signal. The above-mentioned defective detection means The picture signal of the reciprocal space image about the area field of one on the above-mentioned sample front face acquired by the above-mentioned picture signal acquisition means is compared with the picture signal of the reciprocal space image about other area fields. Pattern defect test equipment according to claim 1 to 19 characterized by coming further to have the function to detect the existence of the pattern defect in top Norikazu's area field.

[Claim 21] The 1st electron beam exposure phase which extends the electron beam from an electron source to the 1st area field on the front face of a sample, and irradiates coincidence, The 1st electronic image formation phase which is made to carry out image formation of the back scattering electron or secondary electron emitted from the area field of the above 1st, and forms the 1st electronic image about the area field of the above 1st, The 1st picture signal acquisition phase which acquires the picture signal of the electronic image of the above 1st about the area field of the above 1st, The exposure impaction efficiency phase of moving the exposure location of the above-mentioned electron beam to the 2nd area field from the area field of the above 1st on the above-mentioned front face of a sample, The 2nd electron beam exposure phase which extends the above-mentioned electron beam from the above-mentioned electron source to the area field of the above 2nd on the above-mentioned front face of a sample, and irradiates coincidence, The 2nd electronic image formation phase which is made to carry out image formation of the back scattering electron or secondary electron emitted from the area field of the above 2nd, and forms the 2nd electronic image about the area field of the above 2nd, The 2nd picture signal acquisition phase which acquires the picture signal of the electronic image of the above 2nd about the area field of the above 2nd, The picture signal of the electronic image of the above 1st about the area field of the above 1st acquired in the picture signal acquisition phase of the above 1st is compared with the picture signal of the electronic image of the above

2nd about the area field of the above 2nd acquired in the picture signal acquisition phase of the above 2nd. The pattern defect inspection approach characterized by coming at least to contain the defective detection phase of detecting the pattern defect in the area field of the above 1st, or the area field of the above 2nd.

[Claim 22] The pattern defect inspection approach according to claim 21 characterized by irradiating the above-mentioned sample front face after slowing down the above-mentioned electron beam before the above-mentioned electron beam from the above-mentioned electron source arrives at the above-mentioned sample front face on the occasion of the exposure to the above-mentioned sample front face of the above-mentioned electron beam in the above 1st and the 2nd electron beam exposure phase.

[Claim 23] Moderation of the above-mentioned electron beam is the pattern defect inspection approach according to claim 23 characterized by being carried out by impressing negative potential to the above-mentioned sample front face.

[Claim 24] Moderation of the above-mentioned electron beam is the pattern defect inspection approach according to claim 22 or 23 characterized by being carried out to the bottom of conditions on which the above-mentioned electron beam irradiated by the above-mentioned sample front face is reflected in the above-mentioned sample front face [near the pole on this front face of a sample], without carrying out incidence.

[Claim 25] The exposure to the above-mentioned sample front face of the above-mentioned electron beam in the above 1st and the 2nd electron beam exposure phase is the pattern defect inspection approach according to claim 21 to 24 characterized by being carried out moving the above-mentioned sample continuously.

[Claim 26] It is the pattern defect inspection approach according to claim 25 characterized by performing the exposure to the above-mentioned sample front face of the above-mentioned electron beam in the above 1st and the 2nd electron beam exposure phase, migration of the above-mentioned sample being interlocked with and carrying out deviation control of the above-mentioned electron beam so that fixed field irradiation may be carried out to the same field of the above-mentioned sample front face between fixed time amount in spite of continuous migration of the above-mentioned sample.

[Claim 27] Acquisition of the picture signal in the above 1st and the 2nd picture signal acquisition phase It once changes into an optical image by projecting the above 1st and the 2nd electronic image which were obtained in the above 1st and the 2nd electronic image formation phase on a fluorescent screen. Subsequently The pattern defect inspection approach according to claim 21 to 26 characterized by being carried out by

projecting the above-mentioned optical image on the light-receiving side of an optical image sensing element, and changing the above-mentioned optical image into the above-mentioned picture signal.

[Claim 28] The above-mentioned optical image sensing element is the pattern defect inspection approach according to claim 27 characterized by being a CCD sensor or a TDI sensor.

[Claim 29] The above-mentioned optical image sensing element is the pattern defect inspection approach according to claim 27 or 28 characterized by being what can read and do the detected picture signal in coincidence juxtaposition by many channels.

[Claim 30] Acquisition of the picture signal in the above 1st and the 2nd picture signal acquisition phase By projecting directly the above 1st and the 2nd electronic image which were obtained in the above 1st and the 2nd electronic image formation phase on the light-receiving side of the electronic image sensing element which has detection sensitivity to an electron The pattern defect inspection approach according to claim 21 to 26 characterized by being carried out by changing the above-mentioned electronic image into the above-mentioned picture signal.

[Claim 31] The above-mentioned electronic image sensing element is the pattern defect inspection approach according to claim 30 characterized by being a CCD sensor or a TDI sensor.

[Claim 32] The above-mentioned electronic image sensing element is the pattern defect inspection approach according to claim 30 or 31 characterized by being what can read and do the detected picture signal in coincidence juxtaposition by many channels.

[Claim 33] The pattern defect inspection approach according to claim 27 to 29 characterized by setting up almost equally to the magnitude of the optical image about the fixed area field on the above-mentioned sample front face on which it is projected on this light-receiving side the magnitude of the light-receiving side of the above-mentioned optical image sensing element.

[Claim 34] The pattern defect inspection approach according to claim 30 to 32 characterized by setting up almost equally to the magnitude of the electronic image about the fixed area field on the above-mentioned sample front face on which it is projected on this light-receiving side the magnitude of the light-receiving side of the above-mentioned electronic image sensing element.

[Claim 35] The pattern defect inspection approach according to claim 27 to 29 characterized by setting up more greatly than the magnitude of the optical image about the fixed area field on the above-mentioned sample front face on which it is projected on this light-receiving side the magnitude of the light-receiving side of the

above-mentioned optical image sensing element.

[Claim 36] The pattern defect inspection approach according to claim 30 to 32 characterized by setting up more greatly than the magnitude of the electronic image about the fixed area field on the above-mentioned sample front face on which it is projected on this light-receiving side the magnitude of the light-receiving side of the above-mentioned electronic image sensing element.

[Claim 37] Moderation of the above-mentioned electron beam is the pattern defect inspection approach according to claim 22 to 24 characterized by being what slows down the above-mentioned electron beam even to an energy range which stops having effect on parenchyma on the resolving power of the electronic image on the above-mentioned front face of a sample in which the energy dispersion of the back scattering electron emitted by the exposure of the above-mentioned electron beam after moderation from the above-mentioned sample front face is formed with this back scattering electron.

[Claim 38] The pattern defect inspection approach according to claim 21 to 37 which carries out energy judgment of the back scattering electron emitted by the exposure of the above-mentioned electron beam on the above-mentioned front face of a sample from this sample front face using an energy filter on the occasion of formation of the electronic image in the 1st and 2nd above-mentioned electronic image formation phases, and is characterized by forming the above-mentioned electronic image only with the back scattering electron in a certain specific energy width of face.

[Claim 39] The exposure of the above-mentioned electron beam in the 1st and 2nd above-mentioned electron beam exposure phases is the pattern defect inspection approach according to claim 21 to 38 characterized by being carried out by irradiating the beam of this rectangle cross-section configuration on the above-mentioned sample front face after fabricating the electron beam from the above-mentioned electron source with the beam of a rectangle cross-section configuration through rectangle diaphragm opening.

[Claim 40] The 1st electron beam exposure phase which extends the electron beam from an electron source to the 1st area field on the front face of a sample, and irradiates coincidence, The 1st reciprocal space image formation phase which is made to carry out image formation of the back scattering electron or secondary electron emitted from the area field of the above 1st, and forms the reciprocal space image about the area field of the above 1st, The 1st picture signal acquisition phase which acquires the picture signal of the reciprocal space image of the above 1st about the area field of the above 1st, The exposure impaction efficiency phase of moving the

exposure location of the above-mentioned electron beam to the 2nd area field from the area field of the above 1st on the above-mentioned front face of a sample, The 2nd electron beam exposure phase which extends the above-mentioned electron beam from the above-mentioned electron source to the area field of the above 2nd on the above-mentioned front face of a sample, and irradiates coincidence, The 2nd reciprocal space image formation phase which is made to carry out image formation of the back scattering electron or secondary electron emitted from the area field of the above 2nd, and forms the 2nd reciprocal space image about the area field of the above 2nd, The 2nd picture signal acquisition phase which acquires the picture signal of the reciprocal space image of the above 2nd about the area field of the above 2nd, In the picture signal acquisition phase of the picture signal of the reciprocal space image of the above 1st about the area field of the above 1st acquired in the picture signal acquisition phase of the above 1st, and the above 2nd The pattern defect inspection approach characterized by coming to contain the defective detection phase of comparing the picture signal of the reciprocal space image of the above 2nd about the area field of the acquired above 2nd, and detecting the pattern defect in the area field of the above 1st, or the area field of the above 2nd at least.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPI are not responsible for any

damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the inspection approach and test

equipment which are high sensitivity and a high resolution, and can image and inspect a pattern defect with a detailed semiconductor device front face at a high speed especially using an electron beam about the approach and equipment which inspect the surface state of samples (semiconductor device etc.).

[0002]

[Description of the Prior Art] It considers as the inspection approach of carrying out the compare check of the defect of the circuit pattern formed on the wafer, and detecting it in the manufacture process of a semiconductor device, the image of two or more of the same kind LSI patterns on one wafer is acquired using light, there is a method of comparing the image of these plurality and inspecting the existence of a pattern defect etc., and it is already put in practical use. The outline of this inspection approach is stated to the "monthly semiconductor world" August, 1995 issue and pp.114-117. When the pattern defect in the manufacture process of a semiconductor device was inspected by such optical inspection approach, residue which light penetrates, such as silicon oxide and a photosensitive resist ingredient, was not able to be detected. moreover, the resolving power of optical system -- the etching remainder and poor non-opening of a minute flow hole etc. which become the following were undetectable.

[0003] In order to solve the trouble in such an optical inspection approach, the compare-check approach of a pattern of having used the electron ray JP,59-192943,A, J.Vac.Sci.Tech.B, Vol.9, No.6, and pp.3005-3009 (1991), J.Vac.Sci.Tech.B, Vol.10, No.6, and pp.2804-2808 (1992), SPIE Vol.2439, and pp.174-183 -- and -- It is indicated by JP,05-258703,A etc. There, in order to obtain a practical inspection rate, the need of acquiring the image of a pattern is in a high speed very much. And in order to secure the S/N ratio of the image acquired at high speed, the beam current of 100 times or more (10 or more nAs) of the usual scanning electron microscope is used.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] With the conventional inspection technique using the above-mentioned electron ray, in order to form the image which maintained the S/N ratio which can be inspected, the electron beam is high-currentized. However, there was a limitation in improvement in the speed (compaction of inspection time amount) at eye backlash which an electron beam is extracted to punctiform and is scanning this "point beam" to the plane (two-dimensional) on a sample front face. Moreover, there is a limitation also in high current-ization of the electron beam used according to brightness, a space-charge effect, etc. of a use electron source. For example, 0.1 micrometers When it is going to obtain the resolving power of extent,

hundreds nA extent is a theoretical limitation and, as for the electron beam current used, 100nA extent may be used in fact. The S/N ratio of an image is decided by the number of the electrons used for forming an image, i.e., the product of a beam current value and the time amount which image acquisition takes. If it takes into consideration that it is necessary to secure the S/N ratio of the level in which an image processing is possible, a beam current value is 0.1 micrometers at 100nA(s). When it is going to obtain resolution, it is 2 an area of 1cm on the front face of a sample. About 100 or more secs are needed for inspecting. On the other hand, with the conventional optical test equipment mentioned above, it is 2 an inspection area of 1cm. The inspection duration of a hit was very as high-speed as about 5 sec extent.

[0005] Therefore, the purpose of this invention is accelerating the inspection duration of the compare-check approach of a pattern of having used the electron beam, more than that of the conventional optical inspection approach, and an EQC or this.

[0006]

[Means for Solving the Problem] Improvement in the speed of the pattern compare-check approach using the purpose of above-mentioned this invention, i.e., an electron beam A sequential exposure is carried out as an "area beam" which there is not and had two-dimensional breadth. two or more exposure fields on the front face of a sample (area field) -- an electron beam -- as a "point beam" -- coming out -- Carry out image formation of the back scattering electron or secondary electron from an exposure field (area field) of these plurality, carry out sequential formation of the expansion image of two or more above-mentioned exposure fields, and the expansion image of the exposure field of these plurality is changed into an electric picture signal. It is attained by detecting the pattern defect about each above-mentioned exposure field by comparing the picture signals about two or more above-mentioned exposure fields.

[0007] Namely, it sets to the pattern defect inspection approach of this invention. A sequential exposure is carried out to two or more exposure fields (area field) of a semi-conductor sample front face by using the electron beam from an electron source as the so-called "area beam." Carry out image formation of the back scattering electron or secondary electron from an exposure field of these plurality in electron optics, and sequential formation of the expansion image of two or more above-mentioned exposure fields is carried out. Change the expansion image of the exposure field of these plurality into an electric picture signal, and he makes it memorize one by one, and is trying to detect the pattern defect about each above-mentioned exposure field by comparing the storage picture signals about two or more above-mentioned exposure fields. According to this approach, since the two-dimensional scan of the "point beam"

in each exposure field (area field) like before is unnecessary, large compaction of inspection time amount is attained and it becomes accelerable [defective inspection].

[0008] Moreover, the pattern defect test equipment by this invention The electron optics system for irradiating a semi-conductor sample front face, carrying out image formation of the back scattering electron or secondary electron from this exposure field (area field) by using the electron beam from an electron source as an area beam, and forming the expansion image of the above-mentioned exposure field, The sample migration stage for moving the above-mentioned semi-conductor sample so that the above-mentioned semi-conductor sample may be carried and the above-mentioned electron beam may be irradiated by the request location on this semi-conductor sample front face, A picture signal detection means to change the above-mentioned expansion image into an electric picture signal, and to detect it, It can be constituted by the picture signal processing means for comparing the picture signals about two or more exposure fields of the above-mentioned semi-conductor sample front face detected by this picture signal detection means, and detecting the pattern defect in each exposure field.

[0009] In addition, it is effective by impressing negative potential to the above-mentioned sample to make it reflected near [that] the pole, without slowing down the electron beam irradiated by the above-mentioned sample front face, and this slowed-down electron beam being made to carry out incidence to the above-mentioned sample front face, or this slowed-down electron beam carrying out incidence to the above-mentioned sample front face.

[0010] Moreover, the above-mentioned sample migration stage can realize improvement in the speed from that of defective inspection by carrying out a setup of operation so that the above-mentioned sample may be continuously moved almost at uniform velocity. In this case, it is not necessary to say that it is necessary to control so that the electron beam exposure field on the above-mentioned front face of a sample serves as the same part between predetermined time and on a sample front face by having the stage location monitor means which carries out the monitor of the location of the above-mentioned sample migration stage.

[0011] Furthermore, by projecting the expansion electronic image of the above-mentioned exposure field as for which image formation formation was carried out by the above-mentioned electron optics system on a fluorescent screen, the above-mentioned picture signal detection means is changed into an optical image, and carries out image formation of this optical image on an optical image sensing element through an optical lens or an optical fiber. Or it may be made to carry out direct image

formation of the expansion electronic image by which image formation was carried out by the above-mentioned electron optics system on the image sensing element which has electronic sensitivity. In addition, as an image sensing element, a charge coupling mold component (CCD sensor) or the component (TDI sensor) which integrates with and outputs the inputted lightwave signal which carried out time delay can be used. Moreover, read-out of the detecting signal from an image sensing element is taken as the method read to juxtaposition by many channels.

[0012] The approach of setting up so that the magnitude of the expansion image of the semi-conductor sample front face obtained by coincidence by irradiating an electron beam at coincidence on the other hand may become almost equal to the magnitude of the light-receiving side of an image sensing element is more simple. By [the], setting up the exposure area size of the above-mentioned electron beam on the other hand, so that the magnitude of the expansion image of a semi-conductor sample front face may become small compared with the light-receiving side of an image sensing element, and scanning this electron beam on the above-mentioned semi-conductor sample front face As it is projected on the above-mentioned expansion image over fixed time amount in the whole light-receiving side of this image sensing element, there is also a method of attaining highly precise-ization further by making it make the signal which amends the fluctuation factor of an exposure location and the exposure range superimpose on the scan signal of the above-mentioned electron beam.

[0013] Moreover, compared with the energy value before slowing down the electron beam which irradiates a semi-conductor sample, and slowing down the energy value of the electron beam when a sample irradiating, it is made small enough, and in order to make it the energy dispersion of the back scattering electron generated from a sample front face by the exposure of the electron beam after this moderation serve as range which does not affect the resolution of an image formation system, negative potential is impressed to the above-mentioned semi-conductor sample. Or resolution can also be raised while solving the technical problem of a high-speed inspection by having a filter for carrying out energy judgment of the back scattering electron or secondary electron generated by the exposure of an electron beam, and carrying out image formation only of a certain specific back scattering electron or specific secondary electron of energy width of face.

[0014]

[Embodiment of the Invention] About the gestalt of operation of this invention, an example is given to below and it explains to it at a detail.

[0015] <Example 1> The outline configuration of the test equipment which becomes

one example of this invention at drawing 1 is shown. The test equipment by this example is divided roughly, and consists of an electron optics system 101, the sample room 102, an image detecting element 103, the image-processing section 104, and a control section 105.

[0016] First, an electron optics system 101 is explained. It converges with a condensing lens 2 and the acceleration electron beam emitted from the electron source 1 to which negative high potential is given according to the acceleration power source 23 irradiates the diaphragm 4 which has rectangle opening. In addition, this electron beam receives a deviation with the electromagnetic deflection vessel 3, before irradiating a diaphragm 4 top. The electromagnetic deflection machine 3 is for separating the optical path of the incidence electron beam from an electron source 1, and the reflection electron (back scattering electron or secondary electron) beam from a sample. With an objective lens 6, image formation of the incidence electron beam which passed rectangle diaphragm opening of drawing 4 is carried out, and it forms the image of rectangle diaphragm opening on semi-conductor sample 7 front face. The magnitude of rectangle diaphragm opening on drawing 4 is for example, 400-micrometer angle, with an objective lens 6, this is reduced to one fourth and the drawing opening image (exposure field) of 100-micrometer angle is obtained on sample 7 front face. This drawing opening image (exposure field) may be moved to the location of the arbitration on sample 7 front face by the illuminating system deflecting system 5 (or scan). The plane part used [the point] the source of LaB6 thermoelectron more than 10 micrometerphi for the electron source 1 by the plane. This enables it to irradiate an electron beam at homogeneity covering a large area (exposure field) on sample 7 front face.

[0017] Negative potential lower (an absolute value is small) than an electron source 1 or slightly high (an absolute value is large) negative potential is impressed to a sample 7 and the sample migration stage 8 according to a power source 9. The case where it inspects using the back scattering electron from a sample 7 impresses negative potential slightly lower than the potential of an electron source 1, in that case, an incidence electron beam is slowed down before a sample 7 with the above-mentioned negative potential, and a backscattering is carried out with the atom of sample 7 front face toward sample 7 front face. This back scattering electron is led to the image formation lens 11 through the electromagnetic deflection machine 3 and the image formation system deflecting system 10, and image formation is carried out as a dispersion electronic image 12. Furthermore, the fluorescence image (microscope image) reflecting the pattern of sample 7 front face can be obtained by carrying out

expansion projection of this dispersion electronic image 12 on a fluorescent screen 15 with magnifying lenses 13 and 14.

[0018] In the sample room 102, a sample 7 is laid on the sample migration stage 8 movable in the two-dimensional (X, Y, theta) direction, and negative potential which was described above according to the power source 9 is impressed to the sample 7. The stage location measuring instrument 27 is attached to the sample migration stage 8, and the stage location is correctly measured on real time. This is for acquiring an image, carrying out continuation migration of the stage 8. A laser interferometer is used for this stage location measuring instrument 27. Moreover, in order to measure correctly the height of a semi-conductor sample (wafer) front face, the optical sample height gauge 26 is also attached. The field which should inspect for example, on a wafer front face can be made to be able to carry out incidence of the light to this from across, and the thing of the method which measures the height on the front face of a wafer from location change of the reflected light can be used for it. In addition, the optical microscope 30 used for positioning of an inspection zone is also attached to the sample room 102.

[0019] Next, the image detecting element 103 is explained. Image formation of the optical image on a fluorescent screen 15 is carried out on the light-receiving side of the optical image sensing element 17 by making image detection carry out optical association to it being also at the optical-fiber bundle 16 about the fluorescent screen 15 and the optical image sensing element (for example, CCD component) 17 for changing the expansion image of the dispersion electronic image 12 into an optical image. The optical-fiber bundle 16 bundles a thin optical fiber the same number as the number of pixels. Moreover, an optical lens is used instead of the above-mentioned optical-fiber bundle 16, and it may be made to carry out image formation of the optical image on a fluorescent screen 15 on the light-receiving side of the optical image sensing element (CCD) 17 with this optical lens. The electrode 300 and the transparent electrode 301 were formed in both sides of a fluorescent screen 15, the transparent electrode 301 side impressed the forward high voltage between two electrodes, and dispersion of an electron beam is prevented. The optical image sensing element (CCD) 17 changes and outputs the optical image by which image formation was carried out on the light-receiving side to an electric picture signal. The outputted picture signal is sent to the image-processing section 104, and picture signal processing is performed there.

[0020] The image-processing section 104 consists of the picture signal storage sections 18 and 19, operation part 20, and the defective judging section 21. In addition, image

display of the incorporated picture signal is carried out by the monitor 22. An instruction of operation and operating condition of each part of equipment are outputted and inputted from the control computer 29 in a control section 105. The terms and conditions of **, such as picture signal incorporation timing from the acceleration voltage at the time of electron ray generating, electron ray scan width and a deviation rate, sample stage passing speed, and an image sensing element, are beforehand inputted into the control computer 29. In response to the command from a control computer 29, the beam control system 28 generates an amendment signal based on the signal from the stage location measuring instrument 27 and the sample height gauge 26, and it sends an amendment signal to the objective lens power source 25 or the scan signal generator 24 so that an electron ray may always be irradiated by the right location.

[0021] Below, by showing the operating condition of this test equipment describes what inspection of improvement in the speed was able to be aimed at compared with the pattern test equipment by the conventional electron beam. In order to inspect a pattern defect by the image compare-check method, the S/N ratio of an image is [ten or more] required. "S" of the S/N ratio said here is defined by the electronic amount of average signals, and "N" is defined by 3 sigma values of a signal. A sigma value is decided by the shot noise of an exposure electron number, and serves as a square root (rootS) of the electron number S irradiated by per pixel. Therefore, a S/N ratio is set to $S/(3\text{rootS}) = \text{rootS}/3$. If the electron emission from a sample is further taken into consideration to this, a S/N ratio will become $\text{rootS}/(3\text{root2})$. For example, in order to obtain about 18 S/N ratio, it needs to be set to $S \geq 6250$, and it is necessary to irradiate 6250 electrons per pixel. On the other hand, resolution required for defective inspection is 0.1 micrometers. It is the following. Therefore, with the conventional approach which extracts an electron beam to punctiform, scans this on a sample front face, and goes, it is 0.1 micrometers about an electron beam. It is necessary to extract to below. such a detailed beam -- making -- the brightness and space-charge effect of an electron source -- a beam current value -- a limitation -- it is -- as the beam current value I -- at most -- only 100nA extent is obtained. By $100\text{nA}(s)$, a $100\text{ (nA)}/(1.6 \times 10^{-19}\text{ (C)}) = 6.25 \times 10^{11}$ piece electron will be irradiated to the exposure beam current per for 1 second. Therefore, the irradiation time for 10ns is required to perform 6250 electron irradiation per pixel. When it does so, the inspection time amount of $2 \times 10\text{ns} = 100\text{sec}$ is needed for inspecting 2 an area of 1cm (1cm / 0.1 micrometers).

[0022] On the other hand, in the case of the test equipment of this example, one side irradiates the electron beam (area beam) of beam current I to the field of the square of

x (this will be called one shot). suppose that the twice [eta] as many back scattering electron as an exposure current was emitted by it. The expansion image on the front face of a sample is formed with this back scattering electron, and it is the resolution of 0.1 micrometers. The case where it detects by the image sensing element (CCD) as an image is considered. As relation condition, it is 0.1 micrometers. The required number of signals from per angle (the number of back scattering electrons) is made into 6250 [same] as the conventional example. It is the duration of one shot t and an area of 1cm² t is expressed with a degree type when time amount required to inspect is set to T .

$6250 = [I \cdot \eta \cdot t / (1.6 \times 10^{-19})]$ and 2 therefore $t = 0.1 \cdot [x^2 / (I \cdot \eta)] \dots (1)$ -- T is expressed with a degree type again.

$T = (0.01/x) 2$ and t therefore $T = 1 \cdot x \times 10^{-4}$ and $(t/x^2) = 1 \times 10^{-5} \cdot [1 / (I \cdot \eta)] \dots (2)$ -- an actual value is assigned to this formula and it is asked for the inspection duration T . At this example, the 1 shot 100micrometer^x100micrometer area field was irradiated with the area beam of 100microA. What has the pixel of 1024x1024 in an image sensing element (CCD) is used, and 1 pixel on this CCD component is 0.1 micrometers on a sample. The scale factor of an electron optics system and the image formation optical system to a CCD component was set up so that it might correspond to an angle. In this case, when an optical lens was used instead of the optical-fiber bundle 16 so that this distortion may be amended since distortion occurred in the periphery of an image, we decided to use an aspheric lens. Furthermore, it was used after the image processing amended distortion which cannot be amended now. Here, it is η value in an upper type 0.2 When it carries out, the duration t of one shot serves as 50microsec, and is 2 an area of 1cm². It will be set to 0.5 sec if the inspection duration T of a hit is calculated. Thus, the inspection duration demanded from the shot noise of an exposure electron number is shortened by leaps and bounds, and it turns out that a high-speed inspection is attained.

[0023] Next, the settling time of the sample migration stage 8 is described. If the moving method of a stage 8 is made for example, into a step-and-repeat method, since msec order is needed, the settling time of a stage 8 cannot fully shorten inspection time amount. Therefore, the stage made the moving method of a stage 8 the continuation move mode which is always moving at uniform velocity. Thereby, constraint of the inspection time amount by the settling time of a stage is lost. However, if the stage 8 is carrying out continuation migration, a stage 8 will move also between one-shot time amount, for example, 50microsec, and the exposure location on a sample front face will change. Then, it was made to make an exposure electron beam follow migration of a

stage 8 with deflecting system 5 so that an exposure location may not change among one shot. Moreover, if it sees from the electron optics system which is rest frame, since it is moving, the image 12 made with the image formation lens 11 will also move an electron beam exposure location. In order to make it this migration not arise, it was made to carry out ganged operation of the deflecting system 10 to deflecting system 5.

[0024] Next, the reading time amount of an image sensing element (CCD) is described. At this example, it could be made to carry out multi-channel juxtaposition read-out of the charge accumulated in CCD17 at the 1M line/second read-out rate from read-out opening of 32 channels. The number of pixels per line is 32, and the read-out duration per line is 1microsec. Therefore, the read-out duration per pixel is set to $1\text{ (microsecond)} / 32\text{ (pixel)} = 32\text{ ns}$. On the other hand, by the one-channel method, the read-out duration per pixel is [read-out by the high speed] very much needed with 1ns, and read-out of the image data from CCD cannot be realized with the present technique. In this example, by dividing read-out opening of the image data from CCD into 32 channels, and considering as the method which carries out juxtaposition coincidence read-out by these 32 channels, the read-out duration per pixel is set to 32ns, and it is considering as the sufficiently realizable read-out rate. Drawing 3 showed this typically. The numbers of read-out channels of the image data from CCD17 are 32ch(es), and since there is 32 pixel x1024 line for every channel, time amount required to read the image data of one sheet from this CCD serves as about 1 msec. That is, the picture signal of the one-shot field of 100-micrometer angle can be incorporated by 1msec, and it is 2 the sample surface area of 1cm. The inspection duration of a hit serves as 10sec(s). As mentioned above, sample area 1cm² by the conventional method Compared with inspection duration 100sec of a hit, 10 times [no less than] as many improvement in the speed as this has been attained. Moreover, in this example, since the signal read-out rate from a CCD component has determined the inspection duration, if a high-speed data read-out method is realized rather than it can set for a CCD component in the future, improvement in the speed of the further inspection is expectable.

[0025] Above, the other features are also described although the improvement effect of an inspection rate was explained. At this example, the negative high voltage is impressed to the semi-conductor sample 7, and just before a sample front face, an exposure electron beam is slowed down rapidly and irradiated. Thereby, the features as shown below are acquired. That is, if an electron beam is irradiated at a solid sample, secondary electron and a reflection electron will be generated. As for secondary electron, an incidence electron gives energy at the electron in a solid-state,

and the electron in this solid-state by which energy grant was carried out is emitted into a vacuum. For this reason, the flare of the energy which secondary electron has is large. On the other hand, a reflection electron is an electron which an incidence electron interacts with the atomic nucleus in a solid-state, or an electron, changes the orbit, and is again emitted into a vacuum. If an interaction is only elastic scattering at this time, the reflection electron of the same energy as incidence energy will be emitted. Drawing 2 expressed this typically. If the energy of an incidence electron is high, since the electrons which trespass upon the interior of a solid-state deep will increase in number, the reflection electron again emitted into a vacuum is a fraction. Furthermore, since inelastic scattering increases, large Susono is lengthened and energy spread becomes large at a low energy side (this drawing (a)). When energy spread carries out image formation of the large electron according to an electron optics system, the problem that resolution falls according to chromatic aberration arises. On the other hand, since the rate of elastic scattering increases in irradiating the electron of low energy, it comes to be shown in this drawing (b) in hard [slight / to which Susono by the side of low energy decreases in number, and emission of secondary electron also decreases]. That is, in this example, since emission of the large secondary electron of energy spread is suppressed first, and the emission rate of a reflection electron, i.e., a back scattering electron, is made to increase and the energy spread of a back scattering electron can also be further stopped small by making a sample front face carry out incidence of the low electron of energy, there are the features that the image of a high resolution can be formed.

[0026] Next, the procedure of being in charge of an actual inspection is explained. First, the approach of alignment using an optical microscope 30 and an electron ray image is explained. A sample 7 is laid on the sample migration stage (X-Y-theta stage) 8, and it moves to under an optical microscope 30. The optical microscope image of sample 7 front face is observed with a monitor 22, and the pattern of arbitration which appeared in the center in a screen is memorized. Under the present circumstances, the pattern to choose needs to be a pattern observable also on an electron ray image.

[0027] Next, the X-Y-theta stage 8 performs spin compensation so that the circuit pattern on sample (semi-conductor wafer) 7 front face may serve as the stage migration direction, parallel, or a rectangular cross using the above-mentioned optical microscope image. After capturing the optical image of the pattern part of the arbitration in the chip of the arbitration of the circuit pattern on the wafer 7 front face in a certain stage location at the time of spin compensation, making it display on a monitor 22 and giving marking to the arbitration part in the display screen, the

storage section 18 is made to memorize the optical picture signal. next , after move a stage 8 in x directions or the direction of y , only the distance for a number chip of the circuit pattern on wafer 7 front face capture the optical image of the same pattern part as the point in a new chip , display it on a monitor 22 and give marking to the part corresponding to a previous marking part too , the storage section 19 be make to memorize the new optical picture signal . Subsequently, in operation part 20, the amount of location gaps of the marking part between both images is computed by carrying out the comparison operation of the optical picture signals memorized by the storage sections 18 and 19. From the amount of location gaps of this marking part, and the stage movement magnitude between both images, the angle-of-rotation error of a wafer 7 is computed, that part stage 8 is rotated, and angle of rotation is amended. The above spin compensation actuation is repeated several times, and it is made for an angle-of-rotation error to become below a predetermined value. Furthermore, the circuit pattern on wafer 7 front face is observed using an optical microscope image, the location of the chip on a wafer and the distance during a chip (for example, repetition pitch of a repetition pattern like a memory cell) are measured beforehand, and the value is inputted into a control computer 29. And the inspected chip on wafer 7 front face and the inspected field in the chip are set up on the optical microscope image of a monitor 22. Since an optical microscope image can be observed to the substrate even when the circuit pattern of wafer 7 front face is comparatively covered by transparent film like silicon oxide observable with the low scale factor, the layout of the circuit pattern in a chip etc. can observe simple, and can set up an inspection zone simple.

[0028] Next, a sample (wafer) 7 is moved to under an electron optics system. Then, an electron ray is irradiated to the field expected to include the inspected field previously set up on the optical microscope image, and an electron ray image is acquired. It is made for the above-mentioned inspected field to enter in the electron-beam-irradiation field of one shot at this time. By moving on a stage 8 so that the pattern of the part which carried out marking to the same location in a screen as having carried out marking on the previous optical microscope image on this electron ray image previously may appear, beforehand, correspondence between an electron-beam-irradiation location and an optical microscope observation location can be attached before inspection initiation, and an electron-beam-irradiation location can be proofread now. And actuation same with having carried out on the optical microscope image previously on this electron ray image is carried out. After also carrying out check of a simple observation location using an optical microscope, alignment and adjustment of an electron-beam-irradiation location, and still a certain

amount of spin compensation, compared with this optical microscope image, resolution is high, and it comes to be able to perform highly precise spin compensation using the electron ray image which can obtain a high scale-factor image thereby. Furthermore, this electron ray image is used, for a high scale factor, with high precision, it can observation check and an inspected field or the same pattern space can be amended. However, when all (or part) of the front faces of the semi-conductor wafer 7 are covered with the insulating material, if an electron ray is irradiated, this insulating material will be charged, and the location which irradiated the electron ray once has the case where it becomes impossible to inspect. Then, what is necessary is just made to perform the electron beam exposure for a verification condition setup before the above inspection in fact by choosing the location which is the field which is due to inspect, and which is not, and has the same pattern as an inspected field.

[0029] If a setup of the above-mentioned verification condition is completed, electron ray imaging of a part of inspected field on semi-conductor wafer 7 front face will be carried out on an actual verification condition and the completely same conditions, and the information and its dispersion range of brightness of the image depending on the quality of the material and the configuration of an inspected field are computed, and it will be made a table and will memorize. And the criteria at the time of judging whether the pattern part in the inspected field by which imaging detection was actually carried out with reference to this storage table in the next inspection process is a defect are determined.

[0030] If a setup of an inspected field and defective criteria is completed with the above-mentioned procedure, inspection will actually be started. At the time of inspection, the stage 8 in which the sample (semi-conductor wafer) 7 was carried carries out continuation migration with constant speed in the direction of X. in the meantime, an electron ray is fixed in the same exposure field on the wafer 7 front face between one shot each (area field) -- a shot time amount (this example more than 50microsec) exposure is carried out. Since the stage 8 is carrying out continuation migration, with deflecting system 5, an electron beam follows migration of a stage 8 and carries out a deviation scan.

[0031] The monitor of the exposure field or exposure location of an electron ray is always carried out by the stage location measuring instrument 27 and sample height-gauge 26 grade which were prepared in the stage 8, such monitor information is transmitted to a control computer 29, the amount of location gaps is grasped by the detail, and the amount of location gaps of a parenthesis is correctly amended by the beam control system 28. Thereby, exact alignment required for the compare check of a

pattern is high-speed and highly precise, and may be performed.

[0032] Moreover, an electron beam image with a focus can always be formed in the front face of an inspected field by measuring the surface height of the semi-conductor wafer 7 on real time with the optical height gauge 26 by the method, the means, for example, the laser interference method, other than an electron beam, which measures location change of the reflected light, and amending dynamically the focal distance of the objective lens 6 for irradiating an electron beam, or the image formation lens 11. Moreover, as the curvature of a wafer 7 is beforehand measured before inspection and the above-mentioned focal distance amendment is carried out based on the measurement data, it is necessary to be made not to perform surface height measurement of a wafer 7 at the time of real inspection.

[0033] An electron ray is irradiated on semi-conductor wafer 7 front face, the expansion optical image about the inspected field (area field) of the request on wafer 7 front face is formed on a fluorescent screen 15 with a reflection electron (back scattering electron), this expansion optical image is further changed into an electric picture signal by the CCD component 17, and this picture signal is incorporated in the image-processing section 104. And it stores in the storage section 18 (or 19) as an electron ray picture signal about the area field corresponding to the electron-beam-irradiation location given by the control section 28 in response to the command from a control computer 29.

[0034] When carrying out the compare check of the pattern during the contiguity chips A and B which have the same design pattern formed on the semi-conductor wafer 7 front face, the electron ray picture signal about the inspected field in Chip A is incorporated, and it is made to memorize in the storage section 18 first. Next, it compares with the storage picture signal in the storage section 18 at it and coincidence, incorporating the above in the adjoining chip B, and the corresponding picture signal about an inspected field, and making it memorize in the storage section 19. Furthermore, the picture signal about the inspected field where it corresponds in the following chip C is acquired, and it compares with the storage picture signal about the inspected field in the chip B in the storage section 19 at it and coincidence, making the storage picture signal about the inspected field in the chip A which described it above in the storage section 18 carry out overwrite storage. Such actuation is repeated, and it compares and goes, carrying out the sequential storage of the picture signal about an inspected field which corresponds mutually in all inspected chips.

[0035] It is also possible to take beforehand the approach of making the electron ray picture signal of the inspection zone of the request about the excellent article (there is

no defect) sample used as a criterion memorizing in the storage section 18, in addition to the above-mentioned approach. In that case, the inspection zone about the above-mentioned excellent article sample and the verification condition are beforehand inputted into the control computer 29, inspection about the above-mentioned excellent article sample is performed based on these input data, and the acquisition picture signal about a desired inspection zone is memorized in the storage section 18. Next, the sample 7 used as a subject of examination is loaded on a stage 8, inspection is performed in the same procedure as the point, the picture signal about the above-mentioned excellent article sample previously remembered to be a picture signal about this sample to be examined in the storage section 18 is compared, and the existence of the pattern defect about the inspection zone of the above-mentioned request of the above-mentioned sample to be examined is detected at the same time it incorporates the above and the corresponding acquisition picture signal about an inspection zone in the storage section 19. In addition, the sample (wafer) that there is no pattern defect beforehand turns out [different from the above-mentioned sample to be examined] to be as the above-mentioned standard (excellent article) sample may be used, and the field (chip) where it turns out [of the above-mentioned subject-of-examination sample front face] that there is no pattern defect beforehand may be used. For example, in case a pattern is formed in a semi-conductor sample (wafer) front face, the poor doubling gap between a lower layer pattern and the upper pattern may occur over the whole wafer surface. In such a case, although the defect (defect) generated over the above whole wafer surfaces as the candidates for a comparison are the patterns in the same wafer or the same chip will be overlooked According to this example, the defect generated over the whole wafer surface which was described above is also detectable with a sufficient precision by memorizing the picture signal of the field where it turns out that it is an excellent article (defect-free) beforehand, and comparing this storage picture signal with the picture signal of an inspection object domain.

[0036] the defective criteria which the storage section 18 and both the picture signals memorized in 19 are incorporated in operation part 20, respectively, and have already been searched for there -- being based -- the difference between various statistics (specifically statistics, such as the average of image concentration, and distribution), and a circumference pixel -- a value etc. is computed. Subsequently to in the defective judging section 21 both the picture signals to which these processings were performed are transmitted, it is compared there, the difference signal between both picture signals is extracted, a defective judging is made with reference to the defective criteria

which already search for and have been memorized, and the picture signal of the pattern space judged to be a defect and the picture signal of the other field are classified.

[0037] It became possible to detect the existence of a pattern defect by forming the image by the reflection electron (a back scattering electron and secondary electron) generated from the semi-conductor sample 7 with the inspection approach and test equipment which have so far been described, and carrying out the compare check of the picture signal about a pattern space which corresponds mutually. Thereby, a very high-speed inspection was attained compared with the test equipment by the conventional electron ray.

[0038] <Example 2> In the above-mentioned example 1, it may become and a problem may arise [the area of the electron beam exposure field of one shot] in the homogeneity of the beam current density in 100micrometerx100micrometer, the problem which says that distortion arises in the periphery of the expansion image of a semi-conductor sample since it is large, or an exposure field. When the heterogeneity of an image distortion or current density has arisen fixed, being able to amend by giving change to the fiber strand array of the optical-fiber bundle 16, and attaching weight to the acquisition sensibility and the image processing of a picture signal can also amend, but in changing them in time, by those approaches, correspondence becomes difficult. It was made for the problem of the heterogeneity of distortion or current density not to arise in the exposure field of one shot by using the exposure field of one shot as 5-micrometer angle in this example. An exposure electron beam current is 5microA per shot. At this time, the irradiation time of an electron beam is electronic dispersion effectiveness. When eta is set to 0.2, the irradiation time t per shot is 2.5 from previous (1) type. It is set to musec. Shot time amount 2.5 After irradiating one exposure field (5-micrometer angle) by musec, an electron beam is moved onto the next exposure field (5-micrometer angle) which adjoins with deflecting system 5. Thus, an exposure location is moved one after another and the whole range of the 100 micrometers of the directions of x direction 100 micrometerxy is irradiated by $20 \times 20 = 400$ shot.

[0039] At this time, the expansion image position which an expansion image is obtained in the location corresponding to the electron beam exposure location at that time, and is obtained by the CCD component according to migration of the electron beam exposure location by the scan of an electron beam also moves and goes for every shot on the CCD component 17. Drawing 4 showed this situation. The 1024x1024-pixel thing was used for the CCD component 17. 1 pixel on a CCD component is 0.1 on sample 7 front face. It is equivalent to the field of mum angle, therefore the exposure

field (5-micrometer angle) of one shot on sample 7 front face turns into a 50x50-pixel field (it is equivalent to 1/400 of the whole CCD component light-receiving sides) on a CCD component light-receiving side. And it enabled it to cover the field of 100-micrometer angle on a sample front face in respect of [whole] light-receiving of a CCD component. Therefore, in order to obtain the expansion image of the field of 100-micrometer angle on a sample front face, it is. $2.5(\text{microsecond}) \times 400(\text{shot}) = 1(\text{msec})$ will be required.

[0040] When making the image of the field of 100-micrometer angle on sample 7 front face form on CCD by 1msec as mentioned above, the image storage section 18 is made to memorize by making into a digital signal the picture signal accumulated in this CCD. In order to acquire the picture signal of the next field where it adjoins on a sample front face, it is necessary to move 100 micrometers of stages 8. In this stage migration, the method which carries out continuation migration of the stage 8 with constant speed was taken like the case of the previous example 1. At that time, an exposure electron beam is made to follow migration of a stage 8, and it was made to carry out a deviation scan with the appearance and deflecting system 5 which will be in the condition of whether the stage 8 is standing it still to an exposure electron beam. The dead time produced by this in case a stage 8 is moved and stopped was made into zero. If in charge of the flatness scan of the exposure electron beam to continuation migration of this stage 8, a deviation amendment signal is calculated with reference to the signal from the stage location measuring instrument 27, and deflecting system 5 is made to control the deviation of a delivery exposure electron beam for this deviation amendment signal within the beam control system 28. Furthermore, it was made to perform these amendments by making an amended part about distortion, a location drift, etc. of a sample expansion image by the electron ray superimpose on the above-mentioned deviation amendment signal. Moreover, deflecting system 5 is interlocked with, deflecting system 10 is also operated, and it was made not to be influenced of the current-beam-position migration by stage flatness of the above [the location of the sample expansion image on CCD]. Thereby, the dead time by stage migration was able to be abolished and a high speed and highly precise inspection were able to be realized. In addition, about the image processing for the defective inspection after the above, it is the same as that of the case of the previous example 1.

[0041] When inspection is advanced with the procedure explained above, it is 2 1cm of sample front faces. The time amount T which requires the expansion image about a hit for carrying out sequential formation on CCD serves as 10sec(s). On the other hand, like the case of the previous example 1, for reading the image (image about 100

micrometer angle of sample surface) of one sheet, since a picture signal is read from CCD at a 1M line/second read-out rate, since 1msec is required, it is 2 the sample surface area of 1cm. Hit 10sec is needed. Since read-out of the image formation in a CCD component and a picture signal is performed in parallel, the time amount which inspection takes turns into time amount of any or the longer one among the time amount which image formation takes, and the time amount which picture signal read-out takes. For both sides, at this example, an image formation duration and a picture signal read-out duration are 2 the sample surface area of 1cm. Sample surface area 1cm² [in / with hit 10sec, it is equal mutually, therefore / this example] The inspection duration about a hit serves as 10sec(s).

[0042] It is LaB6 which extended the point in the case of the previous example 1 as an electron source 1 since the electron beam exposure area per shot was small, therefore the exposure beam current also had it and it was managed with this example compared with the case of the previous example 1. LaB6 in which the tip sharpened more compared with the electron source The electron source was used. [small] In addition, at this example, it is LaB6. It can replace with an electron source and can also use, the electron source, for example, the Zr/O/W electron source, of a thermoelectrical community emission mold.

[0043] Although illustrated in the above explanation about the case where the electron beam exposure field of one shot is fixed to the magnitude of 5-micrometer angle, according to the pattern repeat pitch in semi-conductor sample 7 front face, it is made to carry out adjustable [of this electron beam exposure area size]. By this example, a comparable distortion will always arise in the same part, and as mentioned above, since the electron beam exposure field of one shot is set up smaller, even if distortion of some arises into the bond part between each exposure field, since how depending on which the distortion on two images which should carry out a mutual comparison appears also becomes equal, the problem of the incorrect detection by distortion is lost. Thereby, a reliable pattern defect inspection is realizable.

[0044] <Example 3> In this example, the CCD sensor of a time amount are recording mold was used as a component which changes a sample surface image into an electrical signal. This component is called a TDI sensor and, generally is used in optical test equipment. Except it, it is the same as that of the case of the previous example 2. The concept of this TDI sensor of operation is explained with reference to drawing 5 . By the TDI sensor, it operates so that the guide peg of the charge generated according to the luminous intensity which received light at the migration place may be carried out one by one and it may go, at the same time it moves the

charge generated according to the luminous intensity which received light in each light-receiving field to Rhine of x directions and goes. And when last Rhine of a light-receiving side is arrived at, it outputs outside as an electrical signal. Therefore, a signal while an image moves in a sensor top will be integrated with and outputted by making the same passing speed of the charge of x directions, and passing speed of the x directions of the image on a light-receiving side.

[0045] In this example, the read-out rate was made into a 1M line/second by dividing signal read-out into 32 channels, and reading it in parallel, respectively like the CCD sensor in the case of the previous example 1 and an example 2. Moreover, 64 pixels was used for light-receiving area size in the x directions, and the 1024-pixel thing was used for it in the direction of y. x direction die length of one line is 0.1 on a sample front face. mum and the direction die length of y are equivalent to about 100 micrometers. At this time, it is length 0.1. Since mum and a 100 micrometers wide image will be outputted by one M/second in rate, continuation passing speed of a stage is also made into the same rate (0.1 micrometers / 1microsec =100 mm/sec) as this. Thus, x directional movements of an inspection zone are performed by moving a stage 8. On the other hand, since the exposure field of one shot is 5-micrometer angle, like drawing 5, y directional movement of an exposure field will need to scan an electron ray, and will need to perform it. Namely, while a stage 8 moves in the x directions by one shot (5 micrometers), it is necessary to scan 100 micrometers of electron beams in the direction of y. Duration of one shot When 2.5microsec, it is needed for scanning 100 micrometers (20 shots) in the direction of y 50microsec. On the other hand, since x directional movement rates of a stage 8 are 100 mm/sec, the time amount required for a stage 8 to move by one shot (5 micrometers) exactly in the x directions serves as 50microsec. Thus, the time amount which the stage migration for one shot (5 micrometers) takes in the x directions, and the time amount which the electron beam scan for 20 shots (100 micrometers) takes in the direction of y were made in agreement, and it has prevented a dead time arising. It is 2 the sample surface area of 1cm by this approach. In order to acquire an image, it is 2x105 of the scan duration (50microsec) about a 5micrometerx100micrometer above-mentioned unit scan field. Since twice will be required, it is 2 the sample surface area of 1cm. The inspection duration of a hit serves as 10sec(s). In addition, if the 2M line/second which is twice the example which the signal output rate from a TDI sensor described above is realizable, an inspection duration will serve as 5sec(s) of the one half.

[0046] Since the passing speed of the stage decided by this example from the signal output rate of a TDI sensor is 100 mm/sec as mentioned above, x directional

movements of the inspection zone by stage migration are possible enough, and, moreover, sufficient time amount for the direction scan of y of the inspection zone by electron beam scan can be secured to the meantime. Moreover, in this example, since it is the signal output rate of a TDI sensor, having decided the inspection rate can realize inspection at a high speed further, if this signal output rate is improved.

[0047] <Example 4> Although the electron ray slowed down on the semi-conductor sample front face was irradiated in the previous examples 1-3, negative potential slightly higher than the acceleration voltage of an electron ray is impressed to a sample front face by this example so that an electron ray may be reflected in a sample front face just before a sample front face, without carrying out incidence. The electron reflected just before this sample is used for formation of a sample surface image. Others are completely the same as that of the case of the 1st previous example. Surface polish processing processes, such as CMP and CML, are being introduced into a semi-conductor process in recent years, and it is in the inclination for flattening of the irregularity of a semi-conductor sample front face to be carried out. In this example, irregularity with the delicate front face after such a planarizing process can be detected with very sufficient sensibility as compared with the case of the previous example 1. That is, the description of this example is having set it as conditions which the negative electrical potential difference impressed to a sample will be made higher compared with the previous examples 1, 2, and 3, and an exposure electron's will interact with the atomic nucleus and electron which exist in the sample front face, without carrying out incidence into a semi-conductor sample in fact, and will be reflected just before a sample front face. By inspecting under these conditions, the advantage of being able to detect the defect of a process in which it appears as change of irregularity with a delicate front face with sensibility still more sufficient than the case of an example 1 is acquired.

[0048] <Example 5> In the previous examples 1-4, after changing an electron ray image into an optical image using a fluorescent screen, image detection was carried out by the photosensor (CCD and TDI) sensor. In this example, the previous fluorescent screen and previous optical-fiber bundle in examples 1-4 are omitted by using the sensor 57 which has direct sensibility to an electron ray. The block diagram is shown in drawing 6. The cross-section structure of a sensor 57 gives the hundreds of A electric conduction film to the outermost surface of the light-receiving side of the usual photosensor. Thereby, since the image by the electron ray on the front face of a sample is directly detectable, an error factor decreases because a previous optical-fiber bundle (or optical lens which replaces it), a previous fluorescent screen, etc. become

unnecessary and an equipment configuration becomes easy, and a more reliable inspection is attained. [as / in examples 1-4]

[0049] <Example 6> The effectiveness which makes small energy dispersion of the back scattering electron emitted from a sample is made to be acquired by the previous examples 1-3 and making small energy of the electron which electronegative potential is impressed to the semi-conductor sample 7 by 5 by reaching, and is irradiated by the sample. In this example, the energy filter 31 is newly formed, while resulting in the image formation lens 11 from the semi-conductor sample 7, and energy dispersion of the electron which forms an inspection image is made still smaller. The example of an equipment configuration is shown in drawing 7. What is called the Wien filter which combined the electrostatic deflection and the electromagnetic deflection was used for the energy filter 31. This Wien filter functions as making it go straight on, without an electrostatic deflection operation and an electromagnetic deflection operation offsetting each other to the electron beam of a certain specific energy, and deflecting a beam. Therefore, by extracting behind the image formation lens 11 of the latter part of this energy filter 31, and preparing 32, only the electron beam of specific energy passes opening of this drawing 32, and can form a sample electron ray image. Therefore, the chromatic aberration in the image formation lens 11 or magnifying lenses 13 and 14 is reduced, and there is effectiveness which says that the resolution of the image formed on a sensor 57 (or fluorescent screen 15) improves.

[0050] <Example 7> In this example, a diaphragm-cum-the sensor 204 by which it has the same function as the sensor 57 which has sensibility to the electron ray used in the previous example 5 (drawing 6) and the example 6 (drawing 7), and the beam passage hole was prepared in the core was installed in the location in which the reciprocal space image (Fourier transform image) of the electron-beam-irradiation field in the semi-conductor sample 7 is formed exactly. It is made to be inputted through the signal switching unit 205 by the electron ray intensity-distribution image (signal) from a diaphragm-cum-this sensor 204 at the image storage sections 18 and 19 in the image-processing section 104. That is, this signal switching unit 205 functions as choosing either the picture signal from a diaphragm-cum-the sensor 204, and the picture signal from CCD17 in response to the control signal from a control computer 29, and supplying the image storage sections 18 and 19 in the image-processing section 104.

[0051] The reciprocal space image (Fourier transform image) of the electron-beam-irradiation field of semi-conductor sample 7 front face is formed in the field where image formation of the back scattering electron emitted by the same

diffusion angle from the sample front face is carried out to one point with an objective lens 6. Since the circuit pattern generally formed in the semi-conductor sample front face is based on regular repeat structure, the reciprocal space image is a simple thing which consists of a small number of spot and line. Therefore, the comparison between the reciprocal space images of a mutually different field is easier than the comparison between the real space images which correspond, respectively. Then, by using this reciprocal space image comparison, it compares, when using a real space image comparison, and the judgment of the existence of the defect in an electron-beam-irradiation field can be performed with more efficient and high-reliability. However, it cannot specify in which location in an electron-beam-irradiation field needless to say, the defect exists from the comparison of a reciprocal space image which was mentioned above. Then, the existence of the defect in an inspection object domain is first judged simple and quickly by the compare check which uses the reciprocal space picture signal from a diaphragm-cum-the sensor 204, and it enabled it to identify the defect's existence location correctly subsequently in this example by the compare check using the real space picture signal from the CCD sensor 17. Thereby, in advance of the detailed defective location identification by real space image comparison, the outline of a defective generating field can be known simple, and the increase in efficiency of defective inspection is attained.

[0052] Here, if the location in which a diaphragm-cum-the sensor 204 is installed has even the location in which the reciprocal space image of an electron-beam-irradiation field is formed, it is not necessary to say necessarily not being limited only to the latter-part location of an objective lens like this example. Moreover, it is not necessary to say that the same effectiveness as this example is also realizable by performing the same configuration change as this example also in the previous examples 1-6.

[0053]

[Effect of the Invention] According to this invention, the inspection rate of the wafer pattern test equipment by the electron ray accelerates by leaps and bounds.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any

damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The outline block diagram of the test equipment which becomes the 1st example of this invention.

[Drawing 2] The energy distribution map of the emission electron for explaining the effectiveness of this invention.

[Drawing 3] The explanatory view of the CCD sensor which is one component of the test equipment which becomes the 1st example of this invention of operation.

[Drawing 4] The explanatory view of the test equipment by the 2nd example of this invention of operation.

[Drawing 5] The explanatory view of the TDI sensor which is one component of the test equipment which becomes the 3rd example of this invention of operation.

[Drawing 6] The outline block diagram of the test equipment which becomes the 5th example of this invention.

[Drawing 7] The outline block diagram of the test equipment which becomes the 6th example of this invention.

[Drawing 8] The outline block diagram of the test equipment which becomes the 7th example of this invention.

[Description of Notations]

- 1: Electron source,
- 2: Condensing lens,
- 3: Deflecting system,
- 4: Drawing,
- 5: Illuminating-system deflecting system,
- 6: Objective lens,
- 7: Sample,

8: X-Y-theta stage,
9: Power source,
10: Image formation system deflecting system,
11: Image formation lens,
12: Electronic image,
13: Magnifying lens,
14: Magnifying lens,
15: Fluorescent screen,
16: Optical fiber bundle,
17: CCD,
18: Image storage section,
19: Image storage section,
20: Operation part,
21: Defective judging section,
22: Monitor,
23: Acceleration power source,
24: Scan signal generator,
25: Objective lens power source,
26: Sample height gauge,
27: Stage location measuring instrument,
28: Beam control system,
29: Control computer,
30: Optical microscope,
31: Energy filter,
32: Drawing,
57: Electron ray image sensor,
101: Electron optics system,
102: Sample room,
103: Image detecting element,
104: Image processing section,
105: Control section,
204: A diaphragm-cum-a sensor,
205: Signal switching unit,
300: Electrode,
301: Electrode.

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-108864

(43)公開日 平成11年(1999)4月23日

(51)Int.Cl.⁵
G 0 1 N 23/225
23/20
H 0 1 J 37/26
H 0 1 L 21/027
21/66

識別記号

F I
G 0 1 N 23/225
23/20
H 0 1 J 37/26
H 0 1 L 21/66

J

Z

審査請求 未請求 請求項の数40 O L (全 17 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平9-269500

(22)出願日 平成9年(1997)10月2日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 品田 博之

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 矢島 裕介

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 村越 久弥

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 弁理士 高橋 明夫 (外1名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 パターン欠陥検査方法および検査装置

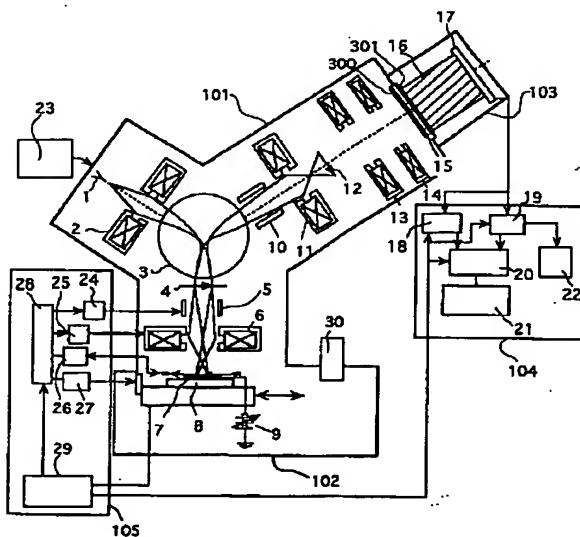
(57)【要約】

【課題】半導体装置の製造過程にあるウェハ上の同一設計パターンの欠陥、異物、残渣等を電子線により検査する装置において、検査の高速化を実現すること。

【解決手段】半導体試料7の表面に一定の面積を持った電子ビーム(面積ビーム)を照射し、試料表面からの反射電子を結像レンズ11により結像して、半導体試料7表面の複数の領域の画像を取得して画像記憶部18、19に記憶させ、この記憶された複数の領域の画像同士を比較することによって、上記領域内における欠陥の有無および欠陥の位置を計測する。

【効果】半導体試料表面に照射する電子ビームを面積ビームとしたので、点状ビームを用いる場合に比べ、検査の高速化、効率化が図れる。

図1



【特許請求の範囲】

【請求項1】電子源からの電子ビームを試料表面の一定の面積領域に拡げて同時に照射する電子ビーム照射手段と、該面積領域より得られる後方散乱電子または二次電子を結像させて上記面積領域についての拡大像を形成する像形成手段と、上記試料表面の所望位置に上記電子ビームが照射されるよう上記試料を移動させる試料移動手段と、上記像形成手段により形成された上記面積領域についての上記拡大像を画像信号に変換する画像信号取得手段と、該画像信号取得手段により取得された上記試料表面上の一の面積領域についての画像信号を他の面積領域についての画像信号と比較して上記一の面積領域におけるパターン欠陥を検出する欠陥検出手段とを有してなることを特徴とするパターン欠陥検査装置。

【請求項2】上記の電子ビーム照射手段は、上記電子源からの電子ビームを上記試料表面に照射する際に、該電子ビームを減速するためのビーム減速機構を含んでなることを特徴とする請求項1に記載のパターン欠陥検査装置。

【請求項3】上記のビーム減速機構は、上記試料表面に負電位を印加することによって、該試料表面に照射される上記電子ビームを減速するものであることを特徴とする請求項2に記載のパターン欠陥検査装置。

【請求項4】上記のビーム減速機構は、上記試料に照射される上記電子ビームが、上記試料表面には入射せずに、該試料表面の極近傍において反射されるように、上記電子ビームを減速するものであることを特徴とする請求項2または3に記載のパターン欠陥検査装置。

【請求項5】上記の試料移動手段は、上記試料をほぼ等速で連続的に移動させることを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載のパターン欠陥検査装置。

【請求項6】上記の試料移動手段は、上記試料を載せてほぼ等速で連続的に移動する試料ステージと該試料ステージの位置を計測するステージ位置計測機構とを備え、上記の電子ビーム照射手段は、上記ステージ位置計測機構からの計測信号に基づいて上記電子ビームが上記ステージの連続移動に拘らず一定時間の間上記試料表面の同一領域に固定照射されるよう上記電子ビームを上記ステージの移動に連動して偏向制御する電子ビーム偏向制御機構を備えてなることを特徴とする請求項5に記載のパターン欠陥検査装置。

【請求項7】上記の画像信号取得手段は、上記像形成手段により形成された上記面積領域についての拡大像を蛍光板上に投射することによって光学像に変換し、該光学像を光学画像検出素子の受光面上に投射することによって該光学画像検出素子からの出力信号として上記画像信号を取得することを特徴とする請求項1～6のいずれかに記載のパターン欠陥検査装置。

【請求項8】上記の光学画像検出素子は、CCDセンサまたはTDIセンサであることを特徴とする請求項7に

記載のパターン欠陥検査装置。

【請求項9】上記の光学画像検出素子は、検出した画像信号を並列に多チャンネルで読み出せるものであることを特徴とする請求項7または8に記載のパターン欠陥検査装置。

【請求項10】上記の画像信号取得手段は、上記像形成手段により形成された上記面積領域についての拡大像を電子に対して検出感度を有する電子画像検出素子の受光面上に直接投射することによって該電子画像検出素子の出力信号として上記画像信号を取得するものであることを特徴とする請求項1～6のいずれかに記載のパターン欠陥検査装置。

【請求項11】上記の電子画像検出素子は、CCDセンサまたはTDIセンサであることを特徴とする請求項10に記載のパターン欠陥検査装置。

【請求項12】上記の電子画像検出素子は、検出した画像信号を並列に多チャンネルで読み出せるものであることを特徴とする請求項10または11に記載のパターン欠陥検査装置。

【請求項13】上記の光学画像検出素子の受光面の大きさが、該受光面上に投射される上記試料表面上の一定の面積領域についての光学像の大きさと略等しく設定されていることを特徴とする請求項7～9のいずれかに記載のパターン欠陥検査装置。

【請求項14】上記の電子画像検出素子の受光面の大きさが、該受光面上に投射される上記試料表面上の一定の面積領域についての電子像の大きさと略等しく設定されていることを特徴とする請求項10～12のいずれかに記載のパターン欠陥検査装置。

【請求項15】上記の光学画像検出素子の受光面の大きさが、該受光面上に投射される上記試料表面上の一定の面積領域についての光学像の大きさより大きく設定されていることを特徴とする請求項7～9のいずれかに記載のパターン欠陥検査装置。

【請求項16】上記の電子画像検出素子の受光面の大きさが、該受光面上に投射される上記試料表面上の一定の面積領域についての電子像の大きさより大きく設定されていることを特徴とする請求項10～12のいずれかに記載のパターン欠陥検査装置。

【請求項17】上記のビーム減速機構は、該ビーム減速機構により減速された上記電子ビームの照射により上記試料表面から放出される上記後方散乱電子のエネルギー分散が上記像形成手段によって形成される上記試料表面の拡大像の分解能に殆ど影響を及ぼさなくなるようなエネルギー範囲まで上記電子ビームを減速するものであることを特徴とする請求項2～4のいずれかに記載のパターン欠陥検査装置。

【請求項18】上記の像形成手段は、上記試料表面への上記電子ビームの照射によって該試料表面から放出される後方散乱電子をエネルギー分別するためのエネルギー

フィルタを備えてなり、それにより、ある特定のエネルギー幅内の後方散乱電子のみによって上記面積領域についての拡大像が形成されるように構成されていることを特徴とする請求項1～17のいずれかに記載のパターン欠陥検査装置。

【請求項19】上記の電子ビーム照射手段は、上記電子源からの電子ビームを矩形絞り開口を通して矩形断面形状のビームに成形してから、該矩形断面形状ビームを上記試料表面に照射するよう構成されていることを特徴とする請求項1～18のいずれかに記載のパターン欠陥検査装置。

【請求項20】上記の像形成手段は、さらに、上記試料表面への上記電子ビームの照射により該電子ビーム照射領域から放出される後方散乱電子または二次電子によって上記電子ビーム照射領域についての逆空間像を形成する機能を備えてなり、上記の画像信号取得手段は上記逆空間像を画像信号に変換する機能をさらに備えてなり、上記欠陥検出手段は、上記画像信号取得手段により取得された上記試料表面上の一の面積領域についての逆空間像の画像信号と他の面積領域についての逆空間像の画像信号とを比較して上記一の面積領域におけるパターン欠陥の有無を検出する機能をさらに備えてなることを特徴とする請求項1～19のいずれかに記載のパターン欠陥検査装置。

【請求項21】電子源からの電子ビームを試料表面の第1の面積領域に拡げて同時に照射する第1の電子ビーム照射段階と、上記第1の面積領域から放出された後方散乱電子または二次電子を結像させて上記第1の面積領域についての第1の電子像を形成する第1の電子像形成段階と、上記第1の面積領域についての上記第1の電子像の画像信号を取得する第1の画像信号取得段階と、上記電子ビームの照射位置を上記試料表面の上記第1の面積領域から第2の面積領域へと移動させる照射位置移動段階と、上記電子源からの上記電子ビームを上記試料表面の上記第2の面積領域に拡げて同時に照射する第2の電子ビーム照射段階と、上記第2の面積領域から放出された後方散乱電子または二次電子を結像させて上記第2の面積領域についての第2の電子像を形成する第2の電子像形成段階と、上記第2の面積領域についての上記第2の電子像の画像信号を取得する第2の画像信号取得段階と、上記第1の画像信号取得段階において取得された上記第1の面積領域についての上記第1の電子像の画像信号と上記第2の画像信号取得段階において取得された上記第2の面積領域についての上記第2の電子像の画像信号とを比較して、上記第1の面積領域または上記第2の面積領域におけるパターン欠陥を検出する欠陥検出手段とを少なくとも含んでなることを特徴とするパターン欠陥検査方法。

【請求項22】上記第1および第2の電子ビーム照射段階における上記電子ビームの上記試料表面への照射に際

して、上記電子源からの上記電子ビームが上記試料表面に到達する前に、上記電子ビームを減速してから上記試料表面に照射することを特徴とする請求項21に記載のパターン欠陥検査方法。

【請求項23】上記電子ビームの減速は、上記試料表面に負電位を印加することにより行なわれることを特徴とする請求項23に記載のパターン欠陥検査方法。

【請求項24】上記電子ビームの減速は、上記試料表面に照射される上記電子ビームが、上記試料表面には入射せずに、該試料表面の極近傍において反射されるような条件の下に行なわれることを特徴とする請求項22または23に記載のパターン欠陥検査方法。

【請求項25】上記第1および第2の電子ビーム照射段階における上記電子ビームの上記試料表面への照射は、上記試料を連続的に移動させながら行なわれることを特徴とする請求項21～24のいずれかに記載のパターン欠陥検査方法。

【請求項26】上記第1および第2の電子ビーム照射段階における上記電子ビームの上記試料表面への照射は、上記試料の連続的な移動にも拘らず一定時間の間上記試料表面の同一領域に固定照射されるように上記電子ビームを上記試料の移動と連動して偏向制御しながら行なわれることを特徴とする請求項25に記載のパターン欠陥検査方法。

【請求項27】上記第1および第2の画像信号取得段階における画像信号の取得は、上記第1および第2の電子像形成段階において得られた上記第1および第2の電子像を蛍光板上に投射することによって一旦光学像に変換し、次いで、上記光学像を光学画像検出素子の受光面上に投射して上記光学像を上記画像信号に変換することにより行なわれることを特徴とする請求項21～26のいずれかに記載のパターン欠陥検査方法。

【請求項28】上記光学画像検出素子は、CCDセンサまたはTDIセンサであることを特徴とする請求項27に記載のパターン欠陥検査方法。

【請求項29】上記光学画像検出素子は、検出した画像信号を多チャンネルで同時並列に読み出しできるものであることを特徴とする請求項27または28に記載のパターン欠陥検査方法。

【請求項30】上記第1および第2の画像信号取得段階における画像信号の取得は、上記第1および第2の電子像形成段階において得られた上記第1および第2の電子像を電子に対して検出感度を有する電子画像検出素子の受光面上に直接投射することによって上記電子像を上記画像信号に変換することにより行なわれることを特徴とする請求項21～26のいずれかに記載のパターン欠陥検査方法。

【請求項31】上記電子画像検出素子は、CCDセンサまたはTDIセンサであることを特徴とする請求項30に記載のパターン欠陥検査方法。

【請求項32】上記電子画像検出素子は、検出した画像信号を多チャンネルで同時並列に読み出しきるものであることを特徴とする請求項30または31に記載のパターン欠陥検査方法。

【請求項33】上記光学画像検出素子の受光面の大きさが、該受光面上に投射される上記試料表面上の一定の面積領域についての光学像の大きさとほぼ等しく設定されていることを特徴とする請求項27~29のいずれかに記載のパターン欠陥検査方法。

【請求項34】上記電子画像検出素子の受光面の大きさが、該受光面上に投射される上記試料表面上の一定の面積領域についての電子像の大きさとほぼ等しく設定されていることを特徴とする請求項30~32のいずれかに記載のパターン欠陥検査方法。

【請求項35】上記光学画像検出素子の受光面の大きさが、該受光面上に投射される上記試料表面上の一定の面積領域についての光学像の大きさよりも大きく設定されていることを特徴とする請求項27~29のいずれかに記載のパターン欠陥検査方法。

【請求項36】上記電子画像検出素子の受光面の大きさが、該受光面上に投射される上記試料表面上の一定の面積領域についての電子像の大きさよりも大きく設定されていることを特徴とする請求項30~32のいずれかに記載のパターン欠陥検査方法。

【請求項37】上記した電子ビームの減速は、減速後の上記電子ビームの照射により上記試料表面から放出される後方散乱電子のエネルギー分散が該後方散乱電子により形成される上記試料表面の電子像の分解能に実質上影響を及ぼさなくなるようなエネルギー範囲にまで上記電子ビームを減速するものであることを特徴とする請求項22~24のいずれかに記載のパターン欠陥検査方法。

【請求項38】上記した第1および第2の電子像形成段階における電子像の形成に際しては、上記試料表面への上記電子ビームの照射によって該試料表面から放出される後方散乱電子をエネルギーフィルタ用いてエネルギー分別し、ある特定のエネルギー幅内の後方散乱電子のみにより上記電子像を形成することを特徴とする請求項21~37のいずれかに記載のパターン欠陥検査方法。

【請求項39】上記した第1および第2の電子ビーム照射段階における上記電子ビームの照射は、上記電子源からの電子ビームを矩形絞り開口を通して矩形断面形状のビームに成形してから、該矩形断面形状のビームを上記試料表面に照射することにより行なわれることを特徴とする請求項21~38のいずれかに記載のパターン欠陥検査方法。

【請求項40】電子源からの電子ビームを試料表面の第1の面積領域に拡げて同時に照射する第1の電子ビーム照射段階と、上記第1の面積領域から放出された後方散乱電子または二次電子を結像させて上記第1の面積領域についての逆空間像を形成する第1の逆空間像形成段階

と、上記第1の面積領域についての上記第1の逆空間像の画像信号を取得する第1の画像信号取得段階と、上記電子ビームの照射位置を上記試料表面の上記第1の面積領域から第2の面積領域へと移動させる照射位置移動段階と、上記電子源からの上記電子ビームを上記試料表面の上記第2の面積領域に拡げて同時に照射する第2の電子ビーム照射段階と、上記第2の面積領域から放出された後方散乱電子または二次電子を結像させて上記第2の面積領域についての第2の逆空間像を形成する第2の逆空間像形成段階と、上記第2の面積領域についての上記第2の逆空間像の画像信号を取得する第2の画像信号取得段階と、上記第1の画像信号取得段階において取得された上記第1の面積領域についての上記第1の逆空間像の画像信号と上記第2の画像信号取得段階において取得された上記第2の面積領域についての上記第2の逆空間像の画像信号とを比較して上記第1の面積領域または上記第2の面積領域におけるパターン欠陥を検出する欠陥検出段階とを少なくとも含んでなることを特徴とするパターン欠陥検査方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、試料(半導体装置等)の表面状態を検査する方法および装置に関し、特に、電子ビームを用いて、半導体装置表面の微細なパターン欠陥を高感度、高分解能で、かつ高速に画像化して検査することのできる検査方法および検査装置に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体装置の製造過程において、ウェハ上に形成された回路パターンの欠陥を比較検査して検出する検査方法として、1つのウェハ上の2つ以上の同種LSIパターンの画像を光を用いて取得し、これら複数の画像を比較してパターン欠陥の有無等を検査する方法があり、既に実用化されている。この検査方法の概要は「月刊セミコンダクタワールド」1995年8月号, pp. 114~117に述べられている。このような光学的検査方法で半導体装置の製造過程におけるパターン欠陥を検査した場合、光が透過してしまうシリコン酸化膜や感光性レジスト材料等の残渣は検出できなかった。また、光学系の分解能以下となるエッチング残りや微小導通孔の非開口不良等も検出できなかった。

【0003】このような光学的検査方法における問題点を解決するために、電子線を用いたパターンの比較検査方法が、特開昭59-192943号公報, J. Vac. Sci. Tech. B, Vol. 9, No. 6, pp. 3005-3009 (1991), J. Vac. Sci. Tech. B, Vol. 10, No. 6, pp. 2804-2808 (1992), SPIE Vol. 2439, pp. 174-183, および特開平05-258703号公報等に記載されている。そこでは、実用的な検査速度を得るために非常に高速にパターンの画像を取得する必要がある。そして、高速で取得した画像のS/N比を確保

するために、通常の走査型電子顕微鏡の100倍以上(10nA以上)のビーム電流を用いている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記した電子線を用いた従来の検査技術では、検査可能なS/N比を維持した画像を形成するために、電子ビームを大電流化している。しかし、電子ビームを点状に絞ってこの「点ビーム」を試料表面上で平面状(2次元的)に走査しているがために、高速化(検査時間の短縮)には限界があった。また、使用電子源の輝度や空間電荷効果等によって、使用電子ビームの大電流化にも限界がある。例えば、0.1μm程度の分解能を得ようとした場合は、使用電子ビーム電流は数百nA程度が理論限界であり、実際には、100nA程度が用いられ得るに過ぎない。画像のS/N比は、画像を形成するのに用いられる電子の数、すなわち、ビーム電流値と画像取得に要する時間との積により決まる。画像処理が可能なレベルのS/N比を確保する必要があることを考慮すると、ビーム電流値が100nAで0.1μmの分解能を得ようすると、試料表面の面積1cm²を検査するのに約100sec以上を必要とする。一方、前述した従来の光学式検査装置では、検査面積1cm²当りの検査所要時間が約5sec程度と非常に高速であった。

【0005】従って、本発明の目的は、電子ビームを用いたパターンの比較検査方法の検査所要時間を従来の光学式検査方法のそれと同等か、またはそれ以上に高速化することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記した本発明の目的、すなわち電子ビームを用いたパターン比較検査方法の高速化は、試料表面の複数の照射領域(面積領域)に、電子ビームを「点ビーム」としてではなく2次元的な広がりを持った「面積ビーム」として順次照射し、これら複数の照射領域(面積領域)からの後方散乱電子または二次電子を結像させて上記複数の照射領域の拡大像を順次形成し、これら複数の照射領域の拡大像を電気的な画像信号に変換して、上記複数の照射領域についての画像信号同士を比較することにより上記各照射領域についてのパターン欠陥を検出することによって達成される。

【0007】すなわち、本発明のパターン欠陥検査方法においては、電子源からの電子ビームを所謂「面積ビーム」として半導体試料表面の複数の照射領域(面積領域)に順次照射し、これら複数の照射領域からの後方散乱電子または二次電子を電子光学的に結像させて上記複数の照射領域の拡大像を順次形成させ、これら複数の照射領域の拡大像を順次電気的な画像信号に変換して記憶させ、上記複数の照射領域についての記憶画像信号同士を比較することにより上記各照射領域についてのパターン欠陥を検出するようにしている。本方法によれば、従来のような各照射領域(面積領域)内での「点ビーム」の2次

元走査が不要であるので、検査時間の大幅な短縮が可能となり、欠陥検査の高速化が可能となる。

【0008】また、本発明によるパターン欠陥検査装置は、電子源からの電子ビームを面積ビームとして半導体試料表面に照射し該照射領域(面積領域)からの後方散乱電子または二次電子を結像させて上記照射領域の拡大像を形成するための電子光学系と、上記半導体試料を載せて該半導体試料表面上の所望位置に上記電子ビームが照射されるように上記半導体試料を移動させるための試料移動ステージと、上記拡大像を電気的な画像信号に変換して検出する画像信号検出手段と、該画像信号検出手段により検出された上記半導体試料表面の複数の照射領域についての画像信号同士を比較して各照射領域におけるパターン欠陥を検出するための画像信号処理手段とによって構成されることができる。

【0009】なお、上記試料に負電位を印加することにより上記試料表面に照射される電子ビームを減速して、この減速された電子ビームが上記試料表面に入射するようとするか、または、この減速された電子ビームが上記試料表面には入射せずにその極近傍で反射されるようするの有効である。

【0010】また、上記試料移動ステージは、上記試料をほぼ等速度で連続的に移動させるよう動作設定することにより、欠陥検査のより高速化が実現できる。この場合、上記試料移動ステージの位置をモニタするステージ位置モニタ手段を備えることによって、上記試料表面への電子ビーム照射領域が、所定時間の間、試料表面上の同一箇所となるよう制御する必要があることは云うまでもない。

【0011】さらに、上記の画像信号検出手段は、上記電子光学系によって結像形成された上記照射領域の拡大電子像を蛍光板上に投射することによって光学像に変換し、この光学像を光学レンズまたは光ファイバーを介して光学画像検出素子上に結像させる。または、上記電子光学系で結像された拡大電子像を電子感応性を有する画像検出素子上に直接結像させようにもよい。なお、画像検出素子としては、電荷結合型素子(CCDセンサ)、または時間遅延して入力した光信号を積分し出力する素子(TDIセンサ)を用いることができる。また、画像検出素子からの検出信号の読み出しは、並列に多チャンネルで読み出す方式とする。

【0012】一方、電子ビームを同時に照射することにより同時に得られる半導体試料表面の拡大像の大きさが画像検出素子の受光面の大きさとほぼ等しくなるように設定する方法がより簡便である。その一方、半導体試料表面の拡大像の大きさが画像検出素子の受光面に比べて小さくなるように上記電子ビームの照射領域の大きさを設定して、該電子ビームを上記半導体試料表面上で走査することによって、該画像検出素子の受光面全体に一定の時間をかけて上記拡大像が投射されるようにして、上

記電子ビームの走査信号には照射位置と照射範囲の変動要因を補正する信号を重畳させることによって、さらに高精度化を達成できる方法もある。

【0013】また、半導体試料に照射する電子ビームを減速し、試料に照射される時の電子ビームのエネルギー値を減速前のエネルギー値に比べて十分に小さくして、この減速後の電子ビームの照射により試料表面から発生する後方散乱電子のエネルギー分散が結像系の分解能に影響を及ぼさない範囲となるようにするために、上記半導体試料に負電位を印加する。または、電子ビームの照射により発生する後方散乱電子または二次電子をエネルギー分別するためのフィルタを備え、ある特定のエネルギー幅の後方散乱電子または二次電子のみを結像させることによって、高速検査の課題を解決すると同時に、分解能をも向上させることができる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の実施の形態につき、実施例を挙げて詳細に説明する。

【0015】〈実施例1〉図1に、本発明の一実施例になる検査装置の概略構成を示す。本実施例による検査装置は、大別して、電子光学系101、試料室102、画像検出部103、画像処理部104および制御部105より構成されている。

【0016】先ず、電子光学系101について説明する。加速電源23により負の高電位が与えられている電子源1から放出された加速電子ビームは、コンデンサレンズ2によって収束され、矩形開口を有する絞り4を照射する。なお、この電子ビームは、絞り4上を照射する前に、電磁偏向器3によって偏向を受ける。電磁偏向器3は、電子源1からの入射電子ビームと試料からの反射電子（後方散乱電子または二次電子）ビームの光路を分離するためのものである。絞り4の矩形絞り開口を通過した入射電子ビームは、対物レンズ6によって結像されて、半導体試料7表面上に矩形絞り開口の像を形成する。絞り4上での矩形絞り開口の大きさは例えば400 μm 角であり、対物レンズ6によってこれを1/4に縮小し、試料7表面上では100 μm 角の絞り開口像（照射領域）が得られるようにする。この絞り開口像（照射領域）は、照射系偏向器5によって試料7表面上の任意の位置に移動（または、走査）され得る。電子源1には、先端部が平面状でその平面状部分が10 μm 以上のLaB₆熱電子源を用いた。これによって、試料7表面上での広い面積（照射領域）にわたって均一に電子ビームを照射することが可能となる。

【0017】試料7、試料移動ステージ8には、電源9により、電子源1よりも低い（絶対値の小さい）負電位、または僅かに高い（絶対値の大きい）負電位を印加する。電子源1の電位よりも僅かに低い負電位を印加するのは、試料7からの後方散乱電子を用いて検査する場合であり、その場合には、入射電子ビームは、上記の負

電位によって試料7の手前で減速されて試料7表面に向かい、試料7表面の原子によって後方散乱される。この後方散乱電子を電磁偏向器3、結像系偏向器10を介して結像レンズ11に導き散乱電子像12として結像させる。さらに、この散乱電子像12を拡大レンズ13、14によって蛍光板15上に拡大投影されることによって、試料7表面のパターンを反映した蛍光像（顕微鏡像）を得ることができる。

【0018】試料室102内では、2次元(X, Y, θ)方向に移動可能な試料移動ステージ8上に試料7が載置され、試料7には電源9により上記したような負電位が印加されている。試料移動ステージ8にはステージ位置測定器27が付設され、ステージ位置をリアルタイムで正確に計測している。これは、ステージ8を連続移動させながら画像を取得するためである。このステージ位置測定器27には例えばレーザ干渉計が用いられる。また、半導体試料（ウェハ）表面の高さを正確に計測するために、光学的な試料高さ測定器26も取りつけられている。これには、例えば、ウェハ表面上の検査すべき領域に斜め方向から光を入射させ、その反射光の位置変化からウェハ表面の高さを計測する方式のものを用いることができる。この他、試料室102には、検査領域の位置決め用に用いられる光学顕微鏡30も付設されている。

【0019】次に、画像検出部103について説明する。画像検出には、散乱電子像12の拡大像を光学像に変換するための蛍光板15と光学画像検出素子（例えばCCD素子）17とを光ファイバー束16でもって光学結合させることにより、蛍光板15上の光学像を光学画像検出素子17の受光面上に結像させる。光ファイバー束16は、細い光ファイバーを画素数と同じ本数束ねたものである。また、上記光ファイバー束16の代わりに光学レンズを用い、該光学レンズによって蛍光板15上の光学像を光学画像検出素子（CCD）17の受光面上に結像させようにもよい。蛍光板15の両面には電極300と透明電極301を設け、両電極間に透明電極301側が正の高電圧を印加して電子ビームの散乱を防いでいる。光学画像検出素子（CCD）17は、その受光面上に結像された光学像を電気的な画像信号に変換して出力する。出力された画像信号は、画像処理部104に送られ、そこで画像信号処理が行なわれる。

【0020】画像処理部104は、画像信号記憶部18及び19、演算部20、欠陥判定部21より構成されている。なお、取り込まれた画像信号はモニタ22により画像表示される。装置各部の動作命令および動作条件は、制御部105内の制御計算機29から入出力される。制御計算機29には、予め電子線発生時の加速電圧、電子線偏向幅・偏向速度、試料ステージ移動速度、画像検出素子からの画像信号取り込みタイミング等々の諸条件が入力されている。ビーム制御系28は、制御計算機29からの指令を受けて、ステージ位置測定器2

7. 試料高さ測定器26からの信号を基にして補正信号を生成し、電子線が常に正しい位置に照射されるように対物レンズ電源25や走査信号発生器24に補正信号を送る。

【0021】以下に、本検査装置の動作条件を示すことによって、従来の電子ビームによるパターン検査装置と比べてどの程度の検査の高速化が図れたかについて述べる。画像比較検査法によってパターン欠陥の検査をするには、画像のS/N比が10以上必要である。ここに云うS/N比の「S」は電子の平均信号量、「N」は信号の3σ値で定義される。σ値は照射電子数のショットノイズで決まり、1画素当たりに照射される電子数Sの平方根(\sqrt{S})となる。従って、S/N比は $S/(3\sqrt{S}) = \sqrt{S}/3$ となる。これにさらに試料からの電子放出を考慮すると、S/N比は $\sqrt{S}/(3\sqrt{2})$ となる。例えば、約18のS/N比を得るために $S \geq 6250$ となり、一画素当たり6250個の電子を照射する必要がある。一方、欠陥検査に必要な分解能は $0.1\mu\text{m}$ 以下である。従って、電子ビームを点状に絞り、これを試料表面上で走査して行く従来方法では、電子ビームを $0.1\mu\text{m}$ 以下に絞る必要がある。このような微細なビームを作るには電

$$6250 = [I \cdot \eta \cdot t / (1.6 \times 10^{-19})] \cdot [1 \times 10^{-7} / x]^2$$

$$\therefore t = 0.1 \cdot [x^2 / (I \cdot \eta)]$$

... (1)

また、Tは次式で表わされる。

$$T = (0.01 / x)^2 \cdot t$$

$$\therefore T = 1 \times 10^{-4} \cdot (t / x^2) = 1 \times 10^{-5} \cdot [1 / (I \cdot \eta)]$$

この式に、実際の値を代入して、検査所要時間Tを求める。本実施例では、1ショット $100\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$ の面積領域を $100\mu\text{A}$ の面積ビームで照射した。画像検出素子(CCD)には、 1024×1024 の画素を持つものを用い、該CCD素子上での一画素が試料上での $0.1\mu\text{m}$ 角に対応するように電子光学系およびCCD素子への結像光学系の倍率を設定した。この場合、画像の周辺部では歪みが発生するので、この歪みが補正されるように、光ファイバー束16の代わりに光学レンズを用いる場合は、非球面レンズを用いることとした。さらに、これで補正しきれない歪みを画像処理により補正してから使用した。ここで、上式中のη値を0.2とすると、1ショットの所要時間tは $50\mu\text{sec}$ となり、また、面積 1cm^2 当たりの検査所要時間Tを計算すると、 0.5sec となる。このように、照射電子数のショットノイズから要求される検査所要時間は飛躍的に短縮され、高速検査が可能になることが判る。

【0023】次に、試料移動ステージ8の整定時間について述べる。ステージ8の移動方法を例えればステップ・アンド・リピート方式とすると、ステージ8の整定時間は msec オーダが必要となるため、十分に検査時間を短縮することができない。従って、ステージ8の移動方法は、ステージが常に等速で移動している連続移動方式とした。これによりステージの整定時間による検査時

子源の輝度と空間電荷効果によりビーム電流値には限界があり、ビーム電流値Iとしては高々 100nA 程度しか得られない。照射ビーム電流が 100nA では、1秒間当たり $100(\text{nA}) / (1.6 \times 10^{-19}(\text{C})) = 6.25 \times 10^{11}$ 個の電子が照射されることになる。従って、1画素当たり6250個の電子照射を行なうには 10nsec の照射時間が必要である。そうすると、面積 1cm^2 を検査するには $(1\text{cm} / 0.1\mu\text{m})^2 \times 10\text{nsec} = 100\text{nsec}$ の検査時間が必要となる。

【0022】一方、本実施例の検査装置の場合には、一辺がxの正方形の領域にビーム電流Iの電子ビーム(面積ビーム)を照射する(これを1ショットと呼ぶことにする)。それによって照射電流の η 倍の後方散乱電子が放出されたとする。この後方散乱電子により試料表面の拡大像を形成し、分解能 $0.1\mu\text{m}$ の画像として画像検出素子(CCD)で検出する場合を考える。比較条件として、 $0.1\mu\text{m}$ 角当たりからの必要な信号数(後方散乱電子数)は従来例と同じ6250個とする。1ショットの所要時間をt、面積 1cm^2 を検査するに必要な時間をTとすると、tは次式で表わされる。

$$6250 = [I \cdot \eta \cdot t / (1.6 \times 10^{-19})] \cdot [1 \times 10^{-7} / x]^2$$

$$\therefore t = 0.1 \cdot [x^2 / (I \cdot \eta)]$$

また、Tは次式で表わされる。

$$T = (0.01 / x)^2 \cdot t$$

$$\therefore T = 1 \times 10^{-4} \cdot (t / x^2) = 1 \times 10^{-5} \cdot [1 / (I \cdot \eta)]$$

間の制約はなくなる。ただし、ステージ8が連続移動していると、1ショット時間例えば $50\mu\text{sec}$ の間にもステージ8が移動して、試料表面上での照射位置が変化してしまう。そこで、1ショットの間に照射位置が変化しないように、偏向器5により照射電子ビームをステージ8の移動に追従させるようにした。また、静止座標系である電子光学系から見ると、電子ビーム照射位置は移動しているから結像レンズ11により作られる像12も移動してしまう。この移動が生じないようにするために、偏向器10を偏向器5と連動動作させるようにした。

【0024】次に、画像検出素子(CCD)の読み取り時間について述べる。本実施例では、CCD17に蓄積された電荷を32チャンネルの読み出し口から1Mライン/秒の読み出速度で多チャンネル並列読み出しできるようにした。1ライン当たりの画素数は32で、1ライン当たりの読み出所要時間は $1\mu\text{sec}$ である。従って、1画素当たりの読み出所要時間は $1(\mu\text{sec}) / 32(\text{画素}) = 32\text{nsec}$ となる。これに対し、CCDからの画像データの読み出しが1チャンネル方式では1画素当たりの読み出所要時間が 1nsec と非常に高速での読み出しが必要となり、現在の技術では実現不可能である。本実施例では、CCDからの画像データの読み出し口を32チャンネルに分け、この32チャンネルで並列同時読み出しする方

式とすることによって、1画素当りの読出所要時間を3.2 nsecとし、十分実現可能な読出速度としている。これを模式的に示したのが図3である。CCD17からの画像データの読出チャンネル数は32chであり、各チャンネル毎に32画素×1024ラインがあるから、このCCDから一枚の画像データを読み出すに必要な時間は約1 msecとなる。すなわち、100 μm角の1ショット領域の画像信号を1 msecで取り込めることがになり、試料表面積1 cm²当りの検査所要時間は10 secとなる。以上のように、従来方式による試料面積1 cm²当りの検査所要時間100 secに比べて、10倍もの高速化が達成できた。また、本実施例では、検査所要時間を決めているのはCCD素子からの信号読出速度であるので、将来CCD素子におけるより高速のデータ読出方式が実現されれば、さらなる検査の高速化が期待できる。

【0025】以上では、検査速度の改善効果について説明したが、その他の特長についても述べる。本実施例では、半導体試料7に負の高電圧を印加して、照射電子ビームを試料表面の直前で急激に減速して照射している。これにより、次に示すような特長が得られる。すなわち、電子ビームを固体試料に照射すると二次電子や反射電子が発生する。二次電子は、入射電子が固体中の電子にエネルギーを与えて、このエネルギー付与された固体中の電子が真空中に放出されるものである。このために、二次電子の持つエネルギーの拡がりは大きい。一方、反射電子は、入射電子が固体中の原子核や電子と相互作用してその軌道を変え、再び真空中に放出する電子である。この時、相互作用が弾性散乱のみであれば、入射エネルギーと同じエネルギーの反射電子が放出される。これを模式的に表わしたのが、図2である。入射電子のエネルギーが高いと、固体内部に奥深く侵入する電子が増えるため、真空中に再び放出する反射電子は少數である。さらに、非弾性散乱が増加するために、低エネルギー側に広い裾野を引きエネルギーの広がりが大きくなる(同図(a))。エネルギーの広がりが大きい電子を電子光学系により結像する場合には、色収差により分解能が低下するという問題が生じる。一方、低エネルギーの電子を照射する場合には、弾性散乱の割合が増加するため、低エネルギー側の裾野が減少し、また、二次電子の放出も減少するがため、同図(b)に示すようになる。すなわち、本実施例では、エネルギーの低い電子を試料表面に入射させることで、まずエネルギーの広がりの大きい二次電子の放出を抑え、かつ反射電子すなわち後方散乱電子の放出割合を増加させ、さらに後方散乱電子のエネルギーの広がりをも小さく抑えることができるため、高分解能の画像を形成することができるという特長がある。

【0026】次に、実際の検査に当っての手順について説明する。まず、光学顕微鏡30と電子線画像を用いて

のアライメントの方法について説明する。試料7を試料移動ステージ(X-Y-θステージ)8上に載置し、光学顕微鏡30の下へ移動する。モニタ22により試料7表面の光学顕微鏡画像を観察し、画面内の例えば中央に現われた任意のパターンを記憶する。この際、選択するパターンは電子線画像上でも観察可能なパターンである必要がある。

【0027】次に、上記の光学顕微鏡画像を用いて試料(半導体ウエハ)7表面上の回路パターンがステージ移動方向と平行あるいは直交となるように、X-Y-θステージ8により回転補正を行なう。回転補正時には、あるステージ位置におけるウエハ7表面上の回路パターンの任意のチップ内の任意のパターン部分の光学画像を取り込んでモニタ22に表示させて、表示画面内の任意箇所にマーキングを付した後、その光学画像信号を記憶部18に記憶させる。次に、ウエハ7表面上の回路パターンの数チップ分の距離だけステージ8をx方向またはy方向に移動させ、新たなチップ内の先と同一のパターン部分の光学画像を取り込んでモニタ22に表示させ、先のマーキング箇所に対応する箇所にやはりマーキングを付した後、その新たな光学画像信号を記憶部19に記憶させる。次いで、演算部20において、記憶部18, 19に記憶された光学画像信号同士を比較演算して、両画像間でのマーキング箇所の位置ずれ量を算出する。このマーキング箇所の位置ずれ量と両画像間でのステージ移動量とから、ウエハ7の回転角度誤差を算出し、その分ステージ8を回転させて回転角度を補正する。以上の回転補正操作を数回繰り返して、回転角度誤差が所定値以下となるようにする。さらに、光学顕微鏡画像を用いてウエハ7表面上の回路パターンを観察し、ウエハ上でのチップの位置やチップ間の距離(例えば、メモリセルのような繰返しパターンの繰返しピッチ)を予め測定し、その値を制御計算機29に入力する。そして、ウエハ7表面上の被検査チップおよびそのチップ内の被検査領域をモニタ22の光学顕微鏡画像上で設定する。光学顕微鏡画像は、比較的低倍率で観察が可能であり、また、ウエハ7表面の回路パターンが例えばシリコン酸化膜のような透明な膜で覆われている場合でもその下地まで観察可能であるので、チップ内回路パターンのレイアウト等が簡便に観察でき、検査領域の設定が簡便に行なえる。

【0028】次に、試料(ウエハ)7を電子光学系の下へ移動する。そこで、先に光学顕微鏡画像上で設定した被検査領域を含むと予想される領域に電子線を照射して電子線画像を取得する。この時、1ショットの電子線照射領域内に上記の被検査領域が入るようにする。この電子線画像上においても、先の光学顕微鏡画像上においてマーキングしたのと同じ画面内位置に先にマーキングした箇所のパターンが現われるようステージ8を移動することで、予め検査開始前に、電子線照射位置と光学顕微鏡観察位置との間の対応をつけ、かつ、電子線照射位置

を校正することができるようになる。そして、この電子線画像上において、先に光学顕微鏡像上で行なったのと同様の操作を実施する。これにより、光学顕微鏡を用いての簡便な観察位置の確認や位置合わせおよび電子線照射位置の調整、さらには、ある程度の回転補正も実施した後に、この光学顕微鏡画像に比べて分解能が高く、高倍率画像を得ることのできる電子線画像を用いての高精度な回転補正ができるようになる。さらに、この電子線画像を用いて、被検査領域または同一パターン領域を高倍率で高精度に観察確認・補正することができる。ただし、半導体ウエハ7の表面の全部(または一部)が絶縁物で覆われている場合には、電子線を照射するとこの絶縁物が帶電して、一度電子線を照射した場所は検査できなくなってしまう場合がある。そこで、上記のような検査に先だっての検査条件設定のための電子ビーム照射は、実際には検査を行なう予定のない領域であってかつ被検査領域と同じパターンを有する場所を選択して行なうようにすればよい。

【0029】上記した検査条件の設定が完了したら、半導体ウエハ7表面上の被検査領域の一部を実際の検査条件と全く同一の条件で電子線画像化し、被検査領域の材質や形状に依存した画像の明るさの情報およびそのばらつき範囲を算出しテーブルにして記憶する。そして、後の検査工程において該記憶テーブルを参照して実際に画像化検出された被検査領域内のパターン部分が欠陥であるか否かを判定する際の判定条件を決定する。

【0030】上記の手順によって被検査領域および欠陥判定条件の設定が完了したら、実際に検査を開始する。検査時には、試料(半導体ウエハ)7を搭載したステージ8はX方向に一定速度で連続移動する。その間、電子線は各1ショットの間ウエハ7表面上の同一照射領域(面積領域)を一定のショット時間(本実施例では、50μsec以上)照射する。ステージ8は連続移動しているので、電子ビームは偏向器5によってステージ8の移動に追従して偏向走査させる。

【0031】電子線の照射領域あるいは照射位置は、ステージ8に設けられたステージ位置測定器27、試料高さ測定器26等により常時モニタされ、これらのモニタ情報が制御計算機29に転送されて詳細に位置ずれ量が把握され、かつこの位置ずれ量はビーム制御系28によって正確に補正される。これにより、パターンの比較検査に必要な正確な位置合わせが高速・高精度で行なわれ得る。

【0032】また、半導体ウエハ7の表面高さを、電子ビーム以外の手段、例えば、レーザ干渉方式や反射光の位置変化を計測する方式等による光学式の高さ測定器26でリアルタイムに測定し、電子ビームを照射するための対物レンズ6や結像レンズ11の焦点距離をダイナミックに補正することにより、常に被検査領域の表面に焦点のあった電子ビーム像を形成することができる。ま

た、予め検査前にウエハ7の反りを測定しておき、その測定データを基に上記の焦点距離補正をするようにして、実検査時にはウエハ7の表面高さ測定を行なう必要がないようにしてもよい。

【0033】電子線を半導体ウエハ7表面に照射し、反射電子(後方散乱電子)によりウエハ7表面上の所望の被検査領域(面積領域)についての拡大光学像を蛍光板15上に形成し、さらにこの拡大光学像をCCD素子17により電気的な画像信号に変換し、この画像信号を画像処理部104に取り込む。そして、制御計算機29からの指令を受けて制御部28により与えられた電子線照射位置に対応した面積領域についての電子線画像信号として、記憶部18(または19)に格納する。

【0034】半導体ウエハ7表面上に形成された同一設計パターンを有する隣接チップA、B間でのパターンの比較検査をする場合には、先ず、チップA内の被検査領域についての電子線画像信号を取り込んで、記憶部18内に記憶させる。次に、隣接するチップB内の上記と対応する被検査領域についての画像信号を取り込んで、記憶部19内に記憶させながら、それと同時に、記憶部18内の記憶画像信号と比較する。さらに、次のチップC内の対応する被検査領域についての画像信号を取得し、それを記憶部18内に上記したチップA内の被検査領域についての記憶画像信号に上書き記憶させながら、それと同時に、記憶部19内のチップB内の被検査領域についての記憶画像信号と比較する。このような動作を繰返して、全ての被検査チップ内の互いに対応する被検査領域についての画像信号を順次記憶させながら、比較していく。

【0035】上記の方法以外に、予め、標準となる良品(欠陥のない)試料についての所望の検査領域の電子線画像信号を記憶部18内に記憶させておく方法を採ることも可能である。その場合には、予め制御計算機29に上記良品試料についての検査領域および検査条件を入力しておき、これらの入力データに基づき上記良品試料についての検査を実行し、所望の検査領域についての取得画像信号を記憶部18内に記憶する。次に、検査対象となる試料7をステージ8上にロードして、先と同様の手順で検査を実行し、上記と対応する検査領域についての取得画像信号を記憶部19内に取り込むと同時に、この検査対象試料についての画像信号と先に記憶部18内に記憶された上記良品試料についての画像信号とを比較して、上記検査対象試料の上記所望の検査領域についてのパターン欠陥の有無を検出する。なお、上記標準(良品)試料としては、上記検査対象試料とは別の予めパターン欠陥が無いことが判っている試料(ウエハ)を用いても良いし、上記検査対象試料表面の予めパターン欠陥が無いことが判っている領域(チップ)を用いても良い。例えば、半導体試料(ウエハ)表面にパターンを形成する際、ウエハ全面にわたり下層パターンと上層パターン間

での合わせずれ不良が発生することがある。このような場合には、比較対象が同一ウエハ内あるいは同一チップ内のパターン同士であると、上記のようなウエハ全面にわたり発生した不良(欠陥)は見落とされてしまうが、本実施例によれば、予め良品(無欠陥)であることが判っている領域の画像信号を記憶しておき、この記憶画像信号と検査対象領域の画像信号とを比較することにより、上記したようなウエハ全面にわたり発生した不良をも精度良く検出することができる。

【0036】記憶部18, 19内に記憶された両画像信号は、それぞれ演算部20内に取り込まれ、そこで、既に求めてある欠陥判定条件に基づき、各種統計量(具体的には、画像濃度の平均値、分散等の統計量)、周辺画素間での差分値等が算出される。これらの処理を施された両画像信号は、次いで欠陥判定部21内に転送されて、そこで比較されて両画像信号間での差信号が抽出され、既に求めて記憶してある欠陥判定条件を参照して欠陥判定がなされ、欠陥と判定されたパターン領域の画像信号とそれ以外の領域の画像信号とが分別される。

【0037】これまでに述べてきた検査方法および検査装置により、半導体試料7から発生する反射電子(後方散乱電子や二次電子)による画像を形成し、互いに対応するパターン領域についての画像信号を比較検査することによって、パターン欠陥の有無を検出することが可能となった。これにより、従来の電子線による検査装置と比べ非常に高速な検査が可能になった。

【0038】〈実施例2〉上記の実施例1では、1ショットの電子ビーム照射領域の面積が $100\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$ とかなり大きいため、半導体試料の拡大像の周辺部に歪みが生じると云う問題や照射領域内でのビーム電流密度の均一性に問題が生じる場合がある。画像歪みや電流密度の不均一性が固定的に生じている場合には、光ファイバー束16のファイバー素線配列に変化を付けることで補正可能であるし、また、画像信号の取得感度や画像処理に重みを付けることでも補正できるが、それらが時間的に変動する場合には、それらの方法では対応が困難となる。本実施例では、1ショットの照射領域を $5\mu\text{m}$ 角として、1ショットの照射領域内では歪みや電流密度の不均一性の問題が生じないようにした。照射電子ビーム電流は1ショット当たり $5\mu\text{A}$ である。この時、電子ビームの照射時間は電子の散乱効率 κ を0.2とすると、先の(1)式より、1ショット当たりの照射時間 t は、 $2.5\mu\text{sec}$ となる。ショット時間 $2.5\mu\text{sec}$ で一つの照射領域($5\mu\text{m}$ 角)を照射した後、電子ビームは偏向器5により隣接する次の照射領域($5\mu\text{m}$ 角)上に移動される。このようにして、次々に照射位置を移動して、 x 方向 $100\mu\text{m} \times y$ 方向 $100\mu\text{m}$ の範囲全体を $20 \times 20 = 400$ ショットで照射する。

【0039】この時、CCD素子17上には、各1ショット毎に、その時の電子ビーム照射位置に対応した位置

に拡大像が得られ、電子ビームの走査による電子ビーム照射位置の移動に応じてCCD素子に得られる拡大像位置も移動して行く。この様子を示したのが図4である。CCD素子17には 1024×1024 画素のものを用いた。CCD素子上での1画素は試料7表面上での $0.1\mu\text{m}$ 角の領域に相当し、従って、試料7表面上での1ショットの照射領域($5\mu\text{m}$ 角)は、CCD素子受光面上での 50×50 画素の領域(CCド素子受光面全体の $1/400$ に相当する)となる。そして、CCD素子の受光面全体で試料表面上の $100\mu\text{m}$ 角の領域をカバーできるようにした。従って、試料表面上での $100\mu\text{m}$ 角の領域の拡大像を得るためには $2.5(\mu\text{sec}) \times 400$ (ショット) = $1(\text{sec})$ を要することとなる。

【0040】上述のようにして、試料7表面上の $100\mu\text{m}$ 角の領域の画像を 1msec でCCD上に形成させたら、該CCDに蓄積された画像信号をデジタル信号として画像記憶部18に記憶させる。試料表面上の隣接する次の領域の画像信号を取得するためにはステージ8を $100\mu\text{m}$ 移動させる必要がある。このステージ移動には、先の実施例1の場合と同様、ステージ8を一定速度で連続移動させる方式を探った。その際、照射電子ビームに対してステージ8があたかも静止しているかの状態になる様、偏向器5によって照射電子ビームをステージ8の移動に追従させて偏向走査するようにした。これにより、ステージ8を移動・停止させる際に生じる無駄時間をゼロにした。このステージ8の連続移動への照射電子ビームの追従走査に当っては、ビーム制御系28内で、ステージ位置測定器27からの信号を参照して偏向補正信号を計算し、この偏向補正信号を偏向器5に送り照射電子ビームの偏向を制御させる。さらに、電子線による試料拡大像の歪みや位置ドリフト等に関する補正分も上記の偏向補正信号に重畠させることにより、これらの補正も行なうようにした。また、偏向器5と連動して偏向器10も動作させて、CCD上での試料拡大像の位置が上記のステージ追従によるビーム位置移動の影響を受けないようにした。これにより、ステージ移動による無駄時間を無くし、高速・高精度の検査を実現することができた。なお、上記以後の欠陥検査のための画像処理等については、先の実施例1の場合と同様である。

【0041】以上説明した手順により検査を進めていくと、試料表面 1cm^2 当たりについての拡大像をCCD上に順次形成するに要する時間Tは 10sec となる。一方、先の実施例1の場合と同様に、CCDから 1M ライン/秒の読み出速度で画像信号を読み出すので、一枚の画像(試料表面 $100\mu\text{m}$ 角についての画像)を読み出すのに 1msec が必要であるため、試料表面積 1cm^2 当たり 10sec が必要となる。CCD素子における画像形成と画像信号の読み出しは並行して行なわれるから、検査に要する時間は、画像形成に要する時間と画像信号読み出しに要する時間との内何れか長い方の時間となる。

本実施例では、画像形成所要時間と画像信号読出所要時間とが、双方共に試料表面積 1 cm^2 当り 10 sec と、互いに等しくなっており、従って、本実施例における試料表面積 1 cm^2 当りについての検査所要時間は 1 sec となる。

【0042】本実施例では、先の実施例1の場合に比べ、1ショット当りの電子ビーム照射面積が小さく、従って照射ビーム電流も小さくして済むので、電子源1としては、先の実施例1の場合の先端部を広げた LaB_6 電子源に比べ、より先端の尖った LaB_6 電子源を用いた。なお、本実施例では、 LaB_6 電子源に代えて熱電界放出型の電子源、例えば $\text{Zr}/\text{O}/\text{W}$ 電子源を用いることもできる。

【0043】以上の説明では、1ショットの電子ビーム照射領域を $5 \mu\text{m}$ 角の大きさに固定した場合について例示したが、半導体試料7表面でのパターン繰り返しピッチに応じて、この電子ビーム照射領域の大きさを可変できるようにしても良い。上述したように、本実施例では、1ショットの電子ビーム照射領域をより小さく設定しているので、各照射領域間のつなぎ部分に多少の歪みが生じたとしても、常に同一箇所に同程度の歪みが生じることになり、相互比較すべき二つの画像上で歪みの現われ方も等しくなるため、歪みによる誤検出の問題が無くなる。これにより、信頼性の高いパターン欠陥検査が実現できる。

【0044】〈実施例3〉本実施例では、試料表面画像を電気信号に変換する素子として、時間蓄積型のCCDセンサを用いた。この素子はTDIセンサと呼ばれるもので、光学式検査装置において一般的に使用されている。それ以外は、先の実施例2の場合と同様である。このTDIセンサの動作概念を図5を参照して説明する。TDIセンサでは、各受光領域で受光した光の強度に応じて生成された電荷をx方向のラインに移動させて行くとともに、その移動先で受光した光の強度に応じて生成された電荷を順次足し合わせて行くように動作する。そして、受光面の最終ラインに達した時点で電気信号として外部に出力する。従って、x方向の電荷の移動速度と受光面上の画像のx方向の移動速度を同一にすることで、画像がセンサ上を移動する間の信号を積分して出力することになる。

【0045】本実施例では、先の実施例1、実施例2の場合のCCDセンサと同様に、信号読み出しを32チャネルに分割しそれぞれ並行して読み出すことにより、読み出速度を1Mライン/秒とした。また、受光領域の大きさは、x方向に64画素、y方向に1024画素のものを用いた。1ラインのx方向長さは、試料表面上の $0.1 \mu\text{m}$ 、y方向長さは約 $100 \mu\text{m}$ に相当する。このとき、縦 $0.1 \mu\text{m}$ 、横 $100 \mu\text{m}$ の画像が1M/秒の速度で出力されることになるため、ステージの連続移動速度もこれと同じ速度($0.1 \mu\text{m}/1 \mu\text{sec} = 1$

0.0 mm/sec)としている。このように、検査領域のx方向移動はステージ8を移動させることにより行なう。一方、1ショットの照射領域は $5 \mu\text{m}$ 角であるので、図5のように、照射領域のy方向移動は電子線を走査して行なう必要が生じる。すなわち、ステージ8がx方向に1ショット分($5 \mu\text{m}$)だけ移動する間に電子ビームをy方向に $100 \mu\text{m}$ 走査する必要がある。1ショットの所要時間を $2.5 \mu\text{sec}$ とすると、y方向に $100 \mu\text{m}$ (20 ショット分)を走査するには $50 \mu\text{sec}$ 必要となる。一方、ステージ8のx方向移動速度は 100 mm/sec であるから、ステージ8がx方向に丁度1ショット分($5 \mu\text{m}$)移動するに要する時間は $50 \mu\text{sec}$ となる。このように、x方向に1ショット分($5 \mu\text{m}$)のステージ移動に要する時間とy方向に20ショット分($100 \mu\text{m}$)の電子ビーム走査に要する時間とを一致させ、無駄時間が生じるのを防いでいる。この方法によって試料表面積 1 cm^2 の画像を取得するには、上述の $5 \mu\text{m} \times 100 \mu\text{m}$ の単位走査領域についての走査所要時間($50 \mu\text{sec}$)の 2×10^5 倍を要することになるので、試料表面積 1 cm^2 当りの検査所要時間は 10 sec となる。なお、TDIセンサからの信号出力速度が上記した例の2倍の2Mライン/秒を実現できれば、検査所要時間はその半分の 5 sec となる。

【0046】上述したように、本実施例では、TDIセンサの信号出力速度から決まるステージの移動速度が 100 mm/sec であるから、十分ステージ移動による検査領域のx方向移動が可能であり、しかもその間に電子ビーム走査による検査領域のy方向走査のための十分な時間を確保できる。また、本実施例では、検査速度を決めているのはTDIセンサの信号出力速度であるため、この信号出力速度が改善されれば、さらに高速での検査が実現できる。

【0047】〈実施例4〉先の実施例1～3では、半導体試料表面に減速した電子線を照射していたが、本実施例では、電子線が試料表面に入射せずに試料表面直前で反射されてしまうように、試料表面に電子線の加速電圧よりも僅かに高い負電位を印加する。試料表面画像の形成には、この試料直前で反射された電子を用いる。その他は、先の第1の実施例の場合と全く同様である。近年半導体プロセスにCMP、CML等の表面研磨加工プロセスが導入されつつあり、半導体試料表面の凹凸が平坦化される傾向にある。本実施例では、このような平坦化プロセス後の表面の微妙な凹凸を、先の実施例1の場合に比較して、非常に感度よく検出することができる。すなわち、本実施例の特徴は、先の実施例1、2、3に比べ、試料に印加する負電圧をより高くして、照射電子が実際には半導体試料内に入射せずに、試料表面に存在している原子核や電子と相互作用して試料表面の直前で反射されてしまうような条件に設定していることである。かかる条件の下で検査することにより、表面の微妙な凹

凸の変化として現われるプロセスの欠陥を実施例1の場合よりもさらに感度良く検出できる等の利点が得られる。

【0048】〈実施例5〉先の実施例1～4においては、蛍光板を用いて電子線画像を光学像に変換した後に、光センサ(CCDやTDI)センサで画像検出していた。本実施例では、電子線に対し直接感度のあるセンサ57を用いることにより、先の実施例1～4における蛍光板と光ファイバー束とを省略したものである。その構成図を図6に示す。センサ57の断面構造は、通常の光センサの受光面の最表面に数百オングストロームの導電膜を施したものである。これにより、試料表面の電子線による画像を直接に検出できるので、先の実施例1～4におけるような光ファイバー束(または、それに代わる光学レンズ)や蛍光板等が不要となり、装置構成が簡単になることで誤差要因が減少し、より信頼性の高い検査が可能となる。

【0049】〈実施例6〉先の実施例1～3、および5では、半導体試料7に負の電位を印加し、試料に照射される電子のエネルギーを小さくすることで、試料から放出される後方散乱電子のエネルギー分散を小さくする効果が得られるようにしていった。本実施例では、新たにエネルギーフィルタ31を半導体試料7から結像レンズ11に到る間に設けて、検査画像を形成する電子のエネルギー分散をさらに小さくしている。その装置構成例を、図7に示す。エネルギーフィルタ31には、静電偏向と電磁偏向とを組み合わせたウェーハ偏向と呼ばれるものを用いた。このウェーハ偏向は、ある特定エネルギーの電子ビームに対して静電偏向作用と電磁偏向作用とが相殺し合ってビームを偏向させずに直進させるよう機能する。従って、このエネルギーフィルタ31の後段の結像レンズ11の後方に絞り32を設けることによって、特定のエネルギーの電子ビームのみがこの絞り32の開口を通過して試料電子線像を形成するようにすることができる。従って、結像レンズ11や拡大レンズ13、14での色収差が低減され、センサ57(または蛍光板15)上に形成される画像の分解能が向上すると云う効果がある。

【0050】〈実施例7〉本実施例では、先の実施例5(図6)、実施例6(図7)において利用した電子線に対し感度のあるセンサ57と同様の機能を有し中心にビーム通過孔が設けられた絞り兼センサ204を、丁度半導体試料7における電子線照射領域の逆空間像(フーリエ変換像)が形成される位置に設置した。この絞り兼センサ204からの電子線強度分布像(信号)は、信号切換装置205を介して画像処理部104内の画像記憶部18、19に入力されるようにしてある。すなわち、この信号切換装置205は、制御計算機29からの制御信号を受けて絞り兼センサ204からの画像信号およびCCD17からの画像信号の何れか一方を選択して画像処理

部104内の画像記憶部18、19に供給するよう機能する。

【0051】半導体試料7表面の電子線照射領域の逆空間像(フーリエ変換像)は、試料表面から同一散乱角で放出した後方散乱電子が対物レンズ6により一点に結像される面に形成される。一般に半導体試料表面に形成された回路パターンは規則正しい繰り返し構造を基本としているため、その逆空間像は少數のスポットや線から成る単純なものである。従って、互いに異なる領域の逆空間像間での比較は、それぞれ対応する実空間像間での比較よりも容易である。そこで、この逆空間像比較を用いることにより、実空間像比較を利用する場合に比べ、電子線照射領域内における欠陥の有無の判定をより効率的かつ高信頼度で実行できる。しかし、言うまでもなく、上述したような逆空間像の比較からは電子線照射領域内のどの位置に欠陥が存在しているのかを特定することはできない。そこで、本実施例では、先ず、絞り兼センサ204からの逆空間像信号を用いての比較検査によって簡便かつ迅速に検査対象領域内での欠陥の有無を判定し、次いで、CCDセンサ17からの実空間像信号を用いての比較検査によって、その欠陥の存在位置を正確に同定できるようにした。これにより、実空間像比較による詳細な欠陥位置同定に先立って欠陥発生領域の概略を簡便に知ることができ、欠陥検査の効率化が達成される。

【0052】ここで、絞り兼センサ204を設置する位置は、電子線照射領域の逆空間像が形成される位置でさえあれば、必ずしも本実施例のように対物レンズの後段位置のみに限定されることは云うまでもない。また、先の実施例1～6においても本実施例と同様な構成変更を行なうことによって、本実施例と同様な効果を実現できることも云うまでもない。

【0053】

【発明の効果】本発明によれば、電子線によるウェーハ偏向検査装置の検査速度が飛躍的に高速化する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例による検査装置の概略構成図。

【図2】本発明の効果を説明するための放出電子のエネルギー分布図。

【図3】本発明の第1の実施例による検査装置の一構成要素であるCCDセンサの動作説明図。

【図4】本発明の第2の実施例による検査装置の動作説明図。

【図5】本発明の第3の実施例による検査装置の一構成要素であるTDIセンサの動作説明図。

【図6】本発明の第5の実施例による検査装置の概略構成図。

【図7】本発明の第6の実施例による検査装置の概略構成図。

【図8】本発明の第7の実施例による検査装置の概略構

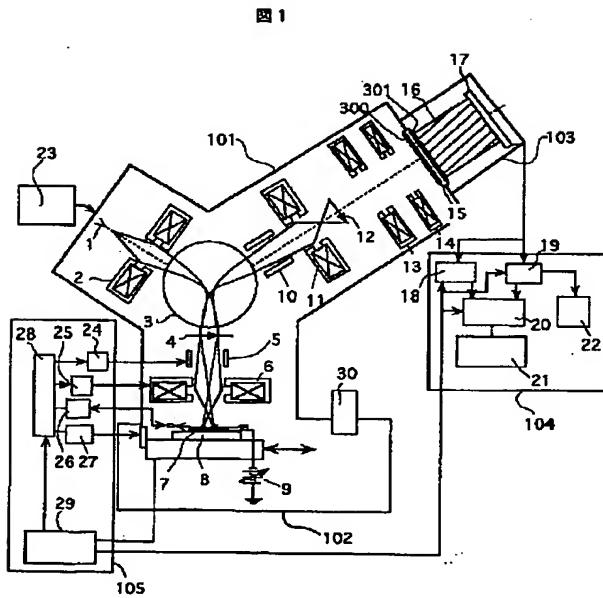
成図。

【符号の説明】

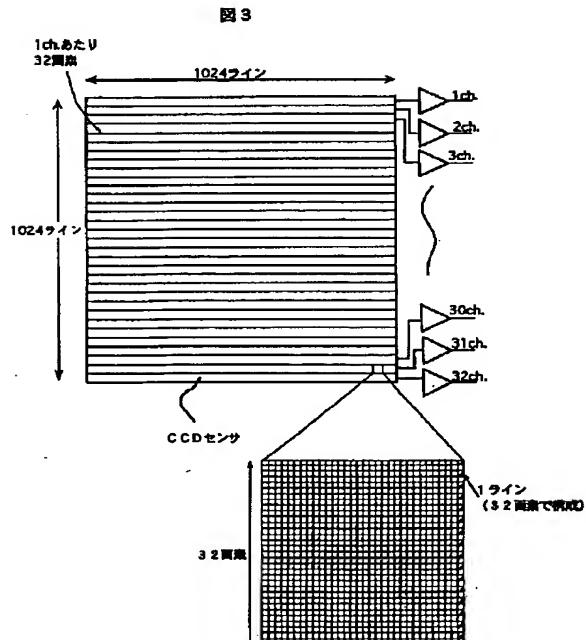
1 : 電子源,
2 : コンデンサレンズ,
3 : 偏向器,
4 : 絞り,
5 : 照射系偏向器,
6 : 対物レンズ,
7 : 試料,
8 : X-Y-θステージ,
9 : 電源,
10 : 結像系偏向器,
11 : 結像レンズ,
12 : 電子像,
13 : 拡大レンズ,
14 : 拡大レンズ,
15 : 蛍光板,
16 : 光ファイバー束,
17 : CCD,
18 : 画像記憶部,
19 : 画像記憶部,
20 : 演算部,

21 : 欠陥判定部,
22 : モニタ,
23 : 加速電源,
24 : 走査信号発生器,
25 : 対物レンズ電源,
26 : 試料高さ測定器,
27 : ステージ位置測定器,
28 : ビーム制御系,
29 : 制御計算機,
30 : 光学顕微鏡,
31 : エネルギーフィルタ,
32 : 絞り,
57 : 電子線画像センサ,
101 : 電子光学系,
102 : 試料室,
103 : 画像検出部,
104 : 画像処理部,
105 : 制御部,
204 : 絞り兼センサ,
205 : 信号切換装置,
300 : 電極,
301 : 電極。

【図1】

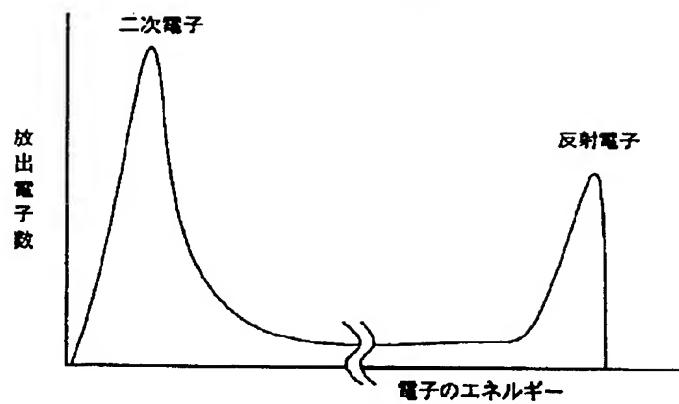


【図3】

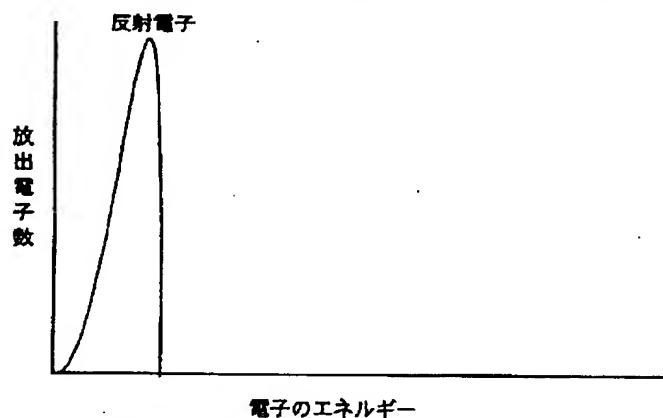


【図2】

図2



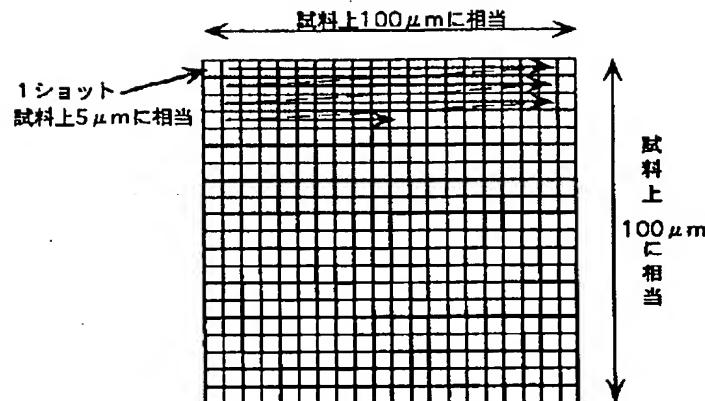
(a) 高加速 (数keV以上) 電子入射の場合の放出電子のエネルギー分布



(b) 低加速 (数十eV以下) 電子入射の場合の放出電子のエネルギー分布

【図4】

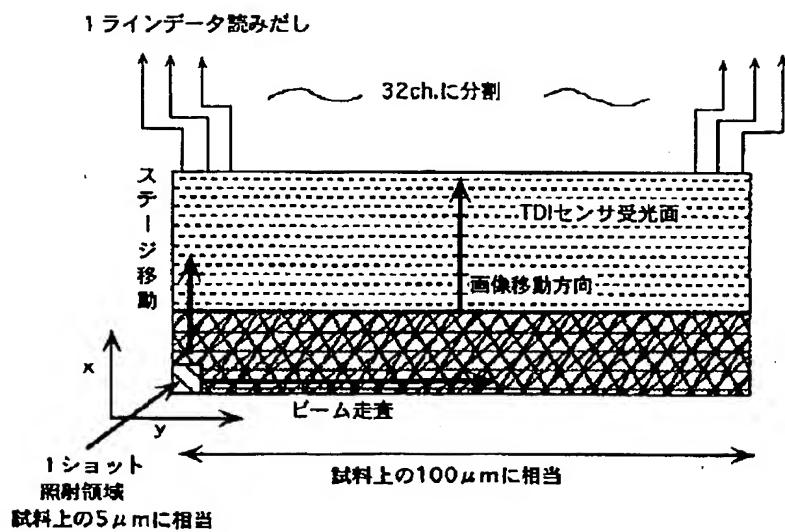
図4



CCD上を画像が移動する様子を示す図

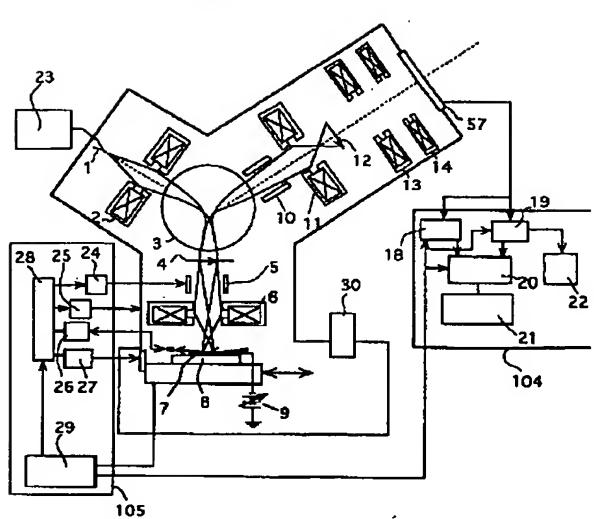
【図5】

図5



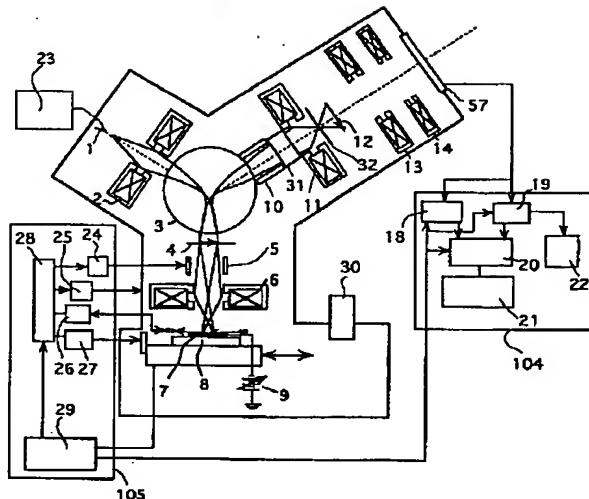
【図6】

図6



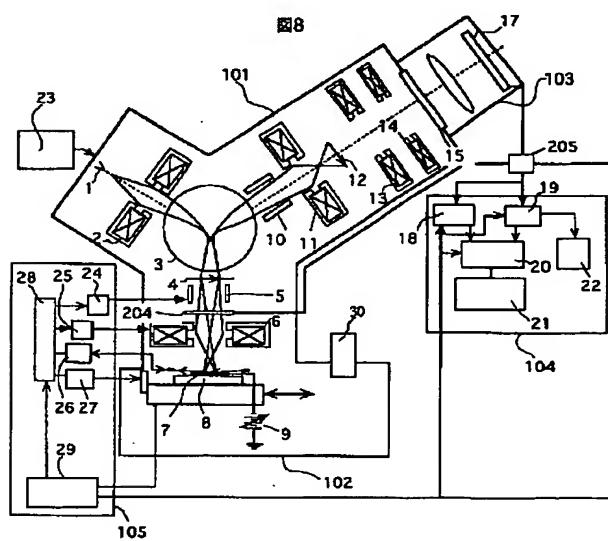
【図7】

図7



【図8】

図8



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6
H 01 L 21/66

識別記号

F I
H 01 L 21/30 502V

(72) 発明者 長谷川 正樹
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 野副 真理
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 ▲高▼藤 敦子
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内
(72) 発明者 杉山 勝也
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 黒田 勝廣
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内
(72) 発明者 梅村 馨
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内
(72) 発明者 宇佐見 康継
茨城県ひたちなか市市毛882番地 株式会
社日立製作所計測器事業部内